This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06274725 2

ANNALEN

DER

PHYSIK UND CHEMIE.

BAND LXXXI.

NEW YORK
PUBLIC
LIBRARY

NEW YORK
PUBLIC
LIBRARY

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

EIN UND ACHTZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT SIEBEN UND FUNFZIGSTER.

NEBST EINER KUPFERTAFEL.

LEIPZIG, 1850.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

NEW YORK
PUBLIC
LIBRARY

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

DRITTE REIHE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

EIN UND ZWANZIGSTER BAND.

NEBST EINER KUPFERTAFEL.

LEIPZIG, 1850.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

Inhalt

des Bandes LXXXI der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

Seite

I. Ueber die Zusammensetzung des Turmalins, verglichen mit derjenigen des Glimmers und Feldspaths, und über die Ursache der Isomorphie ungleichartiger Verbindungen; von C. Rammelsberg (Schluſs). 1

II. Anziehende Wirkung der Elektromagnete; von J. Dub (Schluſs). 46

III. Ueber die Wärme-Entwicklung beim Austausch von Metallen; von Thomas Andrews. 73

IV. Ueber die unorganischen Bestandtheile des Fleisches, des Blutkuchens und des Serums vom Pferde; von R. Weber. 91

V. Ueber die magnetischen Axen der Krystalle und ihre Beziehung zur Krystallform und zu den optischen Axen; von Plücker und Beer. 115

Seite

VI. Die Wirkung des Drucks, den Gefrierpunkt des Wassers zu erniedrigen, experimentell bewiesen; von W. Thomson. . . . 163

VII. Notiz über den Einfluſs des Drucks auf das Gefrieren der Flüssigkeiten; von R. Clausius. 168

VIII. Ueber die mechanische Theorie der Wärme; von W. G. Macquorn Rankine. 172

(*Geschlossen am* 29. *September* 1850.)

Zweites Stück.

I. Untersuchungen über die Thalbildung und die Formen der Gebirgsüge in den Alpen; von A. Schlagintweit. 177

II. Versuche über die Elektricität der Flamme und die hiedurch erzeugten elektrischen Ströme; von W. Hankel. 213

III. Ueber den Brummkreisel und das Schwingungsgesetz der kubischen Pfeifen; von C. Sondhaufs. 235

IV. Ueber die Schwingungen einer kreisförmigen elastischen Scheibe; von G. Kirchhoff. 258

V. Beschreibung des Gyreidometers, eines Instruments zur genauen Messung der Farbenringe; von E. Wilde. 264

VI. Entwurf eines Apparats zur Erleichterung der Zeitbestimmung bei magnetischen Beobachtungen; von H. Schwarz. 268

VII. Einige weitere Mittheilungen und Bemerkungen meine Theorie des farbigen Lichts der Doppelsterne betreffend; von Ch. Doppler. 270

VIII. Ueber einen neuen allotropischen Zustand des Phosphors; von A. Schrötter. 276

IX. Weiterer Beitrag zur Kenntniſs der Natur des amorphen Phosphors; von Demselben. 299

X. Ueber das traubensaure Kali-Natron; von W. Delffs. . . . 304

Seite

XI. Vereinfachte Methode, Harnsäure aus Schlangen-Excrementen zu gewinnen; von Demselben. 310

XII. Ueber den Feldspath des Zirkon-Syenits vom südlichen Norwegen; von C. G. Gmelin. 311

XIII. Rotation durch Reibungselektricität hervorgebracht; von E. F. August. 315

XIV. Ueber das beständige Erscheinen von Licht am negativen Pol der Volta'schen Säule; vom Abt Moigno. 318

XV. Reclamation in Betreff einer Beobachtung beim Leidenfrost'schen Phänomen. 320

(*Geschlossen am* 1. *November* 1850.)

Drittes Stück.

I. Ueber eine neue Methode, die Intensität des Magnetismus zu bestimmen, nebst einigen mit Hülfe derselben gefundenen Resultaten; von H. vom Kolke 321

II. Ueber den Brummkreisel und das Schwingungsgesetz der kubischen Pfeifen; von G. Sondhauſs (Schluſs). 347

III. Ueber Siedepunkts-Regelmäſsigkeiten, und H. Schröder's neueste Siedepunktstheorie; von H. Kopp 374

IV. Ueber die Aschenanalysen, welche nach der Methode der Verkohlung und dem Auslaugen der Kohle ausgeführt worden sind, und über die Zusammensetzung der Asche des Ochsenbluts und der Kuhmilch; von R. Weber. 402

V. Ueber das Gesetz, nach welchem die Einwirkung der Säuren auf den Rohrzucker stattfindet; von L. Wilhelmy. 413

VI. Ueber die Wirkung des einfachen Schliefsungsdrahts auf sich selbst; von P. Riefs. 428

VII. Allgemeine Methode zur Messung der Geschwindigkeit des Lichts in Luft und anderen durchsichtigen Mitteln; relative Geschwindig-

Sei

keiten des Lichts in Luft und Wasser; Entwurf eines Versuches über die Fortpflanzungs-Geschwindigkeit der strahlenden Wärme; von L. Foucault. 43

VIII. Notiz in Betreff eines Versuchs über die comparative Geschwindigkeit des Lichts in Luft und in Wasser; von H. Fizeau und L. Breguet. 44

IX. Anweisung zur Beobachtung der Windhosen; von Ch. Martins. 44

X. Blitzschlag zu Sprottau in Niederschlesien am 15. August 1850; von R. Göppert. 46

XI. Ueber den Brechungs-Exponenten der zusammengesetzten Aetherarten; von W. Delffs. 470

XII. Beobachtungen über das Sonnenspectrum; von Sir David Brewster. 471

XIII. Ueber eine merkwürdige Eigenschaft des Dampfes und ihre Beziehung zur Theorie der Dampfmaschine; von W. Thomson. . 477

(*Geschlossen am* 30. *November* 1850.)

Viertes Stück.

I. Ueber das Verhalten krystallisirter Körper zwischen den Polen eines Magnets; von H. Knoblauch und J. Tyndall. . . . 481

II. Ueber das Gesetz, nach welchem die Einwirkung der Säuren auf dem Rohrzucker stattfindet; von L. Wilhelmy (Schluſs). . . 499

III. Ueber das Molecular-Drehungsvermögen der Substanzen; von Demselben. 527

IV. Beiträge zur Conchyliometrie; von J. H. T. Müller. . . . 538

V. Vielfache Resonanz, optische Phänomene durch schwingende Körper und Theorie des Violinbogens; von J. Antoine. 544

VI. Ueber den Einfluſs des Drucks auf die chemische Natur der plutonischen Gesteine; von R. Bunsen. 562

VII. Ueber Weibye's Atheriastit; von J. F. L. Hausmann. . . 567

VIII. Einige neuere Beobachtungen über metallischen Schiller, der auf

Seite

künstlich durch Aufstreichen weicher Krystalle auf eine feste Unterlage erhaltenen Flächen sichtbar wird; von W. Haidinger. . 572

IX. Luftfahrt von Barral und Bixio am 27. Juli 1850 zu Paris. 575

X. Merkwürdiger Blitzschlag, beobachtet von Grebel. 577

XI. Glaukodot, von einem neuen Fundort; von A. Breithaupt. . 578

XII. Eishöhle in den Saalbergen. 579

(*Geschlossen am* 29. *December* 1850.)

Nachweis zu den Kupfertafeln.

Taf. I. Wilde, Fig. 1, S. 265; Fig. 2, S. 266. — Schwarz, Fig. 3, S. 268. — Schrötter, Fig. 4, S. 282; Fig. 5, S. 284. — Vom Kolke, Fig. 6, S. 330; Fig. 7, S. 332; Fig. 8, S. 336; Fig. 9, S. 333; Fig. 10, S. 334; Fig. 11, S. 335; Fig. 12, S. 343; Fig. 13, S. 342. — Delffs, Fig. 14, S. 304.

Berichtigungen.

Zur Abhandlung von H. Knoblauch und J. Tyndall, Bd. 81.

Seite 488, Zeile 14 lies: Structurverhältnissen statt: Naturverhältnissen.

Seite 489, Zeile 6 lies: Isländischer Doppelspath statt: Irländischer.

Seite 490, Zeile 13 lies: entschiedener statt: verschiedener.

Seite 493, Zeile 14 lies: der in dieser Richtung statt: der in der Richtung.

Seite 496, Zeile 25 lies: könne statt: können.

In dem Aufsatz von C. G. Gmelin, Bd. 81.

Seite 313, Zeile 8 lies: 0,352 Kali, statt: 20,352 Kali.

1850. ANNALEN No. 9.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXXI.

I. *Ueber die Zusammensetzung des Turmalins, verglichen mit derjenigen des Glimmers und Feldspaths, und über die Ursache der Isomorphie ungleichartiger Verbindungen;*

von Carl Rammelsberg.

(Schlufs aus Bd. LXXX. d. Ann.)

No. 19.

Schwarzer Turmalin von Langenbielau in Schlesien.

Lange und ziemlich dicke Krystalle liegen in einem grobkörnigen Granit eingewachsen, der aus durchscheinendem graulichem Quarz, gelblichweifsem Feldspath und weifsem Glimmer besteht. Letzterer liegt besonders zwischen dem Turmalin und jenen beiden Gemengtheilen, ist aber dann durch Oxydation des Eisens immer gelb gefärbt. Die Turmalinkrystalle sind undeutlich, von vorherrschend dreiseitigem Durchschnitt, an den Enden zerbrochen. Senkrecht zur Hauptaxe sind sie leicht zerbrechlich, und die Bruchflächen mit Glimmer bekleidet. Das ganze Ansehen deutet auf eine nicht ganz frische Beschaffenheit. Sehr dünne Splitter sind am Rande mit blauer Farbe durchscheinend.

Das Material erhielt ich von Hrn. Haidinger.

Das spec. Gewicht ist = 3,152.

Vor dem Löthrohr schmilzt dieser Turmalin schwer an den Kanten zu einer grauen Schlacke.

Im Ofen verwandelte er sich in eine gesinterte braunrothe Masse, und verlor 2,0 Proc., entsprechend 1,43 Fluor; 100 Th. des geglühten sind = 102,04 des ungeglühten.

a. Mit kohlensaurem Natron.

b. Geglühter mit Fluorwasserstoffsäure.

b'. Berechnung von *b.*

c. Bestimmung des Eisenoxyduls durch Goldchlorid.

	a.	*b.*	*b'.*	*c.*
Phosphorsäure	Spur			
Kieselsäure	37,24			
Thonerde	36,32 [1])	32,26	31,63	
Eisenoxyd Manganoxyd	12,29	13,88	13,60	Fe 1,95
Talkerde	3,63	3,74	3,67	
Kalkerde	0,70	0,55	0,54	
Natron		1,97	1,93	
Kali		0,84	0,82	

Zusammenstellung:

				Sauerstoff.
	Fluor	1,43		
	Phosphorsäure	Spur		
a.	Kieselsäure	37,24	19,35	24,59
	Borsäure	7,62	5,24	
a. b'.	Thonerde	33,97	15,86	19,09
	Eisenoxyd [2])	10,77	3,23	
c.	Eisenoxydul	1,95	0,43	2,66
a. b'.	Talkerde	3,65	1,43	
	Kalkerde	0,62	0,17	
b'.	Natron	1,93	0,49	
	Kali	0,82	0,14	
		100.		

No. 20.

Schwarzer Turmalin von Krummau in Böhmen.

Diese Varietät findet sich eingewachsen in einem aus gelblichweifsem Feldspath, grauem Quarz und weifsem Glimmer bestehenden Granit. Es sind lange ziemlich dünne zwölfseitige Prismen, ohne sichtbare Endflächen, oft zerbrochen und geknickt, die Lücken dann entweder mit Quarz oder Feldspath oder mit beiden ausgefüllt [3]). Dünne Split-

1) Enthielt etwas Alkali und Kieselsäure.

2) Und etwas Manganoxyd.

3) Diese Erscheinung beweist, dafs das Zerbrechen der Krystalle mit der Bildung der Granitgemengtheile gleichzeitig erfolgte.

ter lassen das Licht theils mit bräunlicher, theils mit röthlichbrauner ins Violette gehender Farbe durch.

Hrn. Haidinger verdanke ich das Material.

Das spec. Gewicht dieser Abänderung ist = 3,135.

Vor dem Löthrohr schmilzt sie etwas schwer unter Aufschwellen zu einer hellgrauen blasigen Schlacke.

Im Ofen entstand eine stark gesinterte rothbraune Masse. Verlust = 2,66 Proc. = 1,90 Fluor. 100 Th. des geglühten sind = 102,73 des ungeglühten Minerals.

a. Mit kohlensaurem Kali-Natron.

b. Geglühter mit Fluorwasserstoffsäure.

b'. Berechnung von *b.*

c. Bestimmung des Eisenoxyds durch Kupfer und des Eisenoxyduls durch Goldchlorid.

	a.	*b.*	*b'.*	*c.*
Kieselsäure	38,43			
Thonerde	34,12	35,32	34,38	
Eisenoxyd	11,40	12,09	11,77	$\dot{F}e$ 9,08
Talkerde	3,68	4,10	4,00	$\dot{F}e$ 1,44
Kalkerde	0,53	0,36	0,35	
Natron		1,39	1,36	
Kali		0,30	0,30	

Zusammenstellung:

			Sauerstoff.
Fluor	1,90		
Kieselsäure	38,43	19,97	25,51
Borsäure	8,06	5,54	
Thonerde	34,25	15,99	18,98
Eisenoxyd	9,98	2,99	
Eisenoxydul	1,44	0,32	2,35
Talkerde	3,84	1,51	
Kalkerde	0,41	0,12	
Natron	1,36	0,35	
Kali	0,30	0,05	
	100.		

No. 21.

Blauschwarzer Turmalin von Sarapulsk bei Mursinsk am Ural.

Aggregate von stänglich verwachsenen Krystallen, glänzend, im Ganzen schwarz, auf Bruchflächen blau erscheinend, und mit blauer Farbe durchsichtig. Einzelne Stellen roth gefärbt. Giebt ein blaugraues Pulver.

Diese Abänderung erhielt ich aus dem K. Mineraliencabinet in Berlin.

Spec. Gewicht = 3,156 und 3,168; im Mittel = 3,162.

Vor dem Löthrohr schmilzt er an den Kanten zu einer gelblich- bis bräunlichgrauen Schlacke, jedoch nicht ganz leicht und ohne starkes Aufschwellen.

Im Ofen wurde eine stark gesinterte dunkelbraune Masse erhalten, wobei 2,44 Proc. Verlust, entsprechend 1,75 Fluor. 100 Th. des geglühten sind = 102,5 des nicht geglühten Turmalins.

a. Mit kohlensaurem Natron. Geschmolzene grüne Masse.

b. Geglühter desgl.

b'. Berechnung von *b.*

c. Geglühter mit Fluorwasserstoffsäure.

c'. Berechnung von *c.*

d. Bestimmung des Eisenoxyduls durch Goldchlorid.

	a	*b.*	*b'.*	*c.*	*c'.*	*d.*
Phosphorsäure	0,06					
Kieselsäure	38,30	39,24	38,29			
Thonerde	36,13	37,13	36,23	37,04	36,14	
Eisenoxyd	10,24	10,81	10,55	11,33	11,05	Fe 3,84
Manganoxyd	3,59	3,92	3,82	nicht best.		
Talkerde	0,90	0,27	0,26	0,54	0,53	
Kalkerde		0,65	0,63	0,28	0,27	
Natron				2,43	2,37	
Kali				0,34	0,33	

Zusammenstellung:

			Sauerstoff.						
	Fluor	1,75							
	Phosphorsäure	0,06							
a.	Kieselsäure	38,30	19,90	24,24	Ṡ	6,69	4,61	6,51	4,48
	Borsäure	6,32	4,34						
a. b'. c'.	Thonerde	36,17	16,99	19,91					
	Eisenoxyd	6,35	1,90		M̈n	1,80	0,55		
	Manganoxyd	3,71	1,12		Mn	3,34	0,75	M̈n	1,72	0,38
d.	Eisenoxydul	3,84	0,85	1,79					
c'.	Talkerde	0,53	0,21						
	Kalkerde	0,27	0,07						
	Natron	2,37	0,61						
	Kali	0,33	0,05						
		100,							

Bei Annahme von M̈n und Mn ist das Sauerstoffverhältnifs: $\dot{R} = 2{,}17$ $\ddot{R} = 19{,}34$, $\dot{S}i + \ddot{B} = 24{,}38$.

No. 22.

Schwarzer Turmalin von Elba.

Kleine stark gestreifte Krystalle von lebhaftem Glanz. Die Bruchstücke zeigen theils die Flächen des Hauptrhomboëders, theils die des ersten schärferen, deren Kanten durch jenes abgestumpft sind. Senkrecht auf die Hauptaxe zeigen sie beim Hindurchsehen röthlich violette Färbung.

Ich verdanke sie Hrn. Dr. Bader in Wien.

Das spec. Gewicht fand sich = 2,942.

Vor dem Löthrohr schmelzen dünne Splitter schwer an den Kanten und unter Aufschwellen zu einer grauen Schlacke.

Wegen Mangel an Material konnte das Verhalten im Ofenfeuer nicht geprüft, auch die Analyse nicht so vollständig, als nöthig gewesen wäre, durchgeführt werden.

a. Mit kohlensaurem Natron.

b. Desgleichen.

c. Mit kohlensaurem Natron-Kali.

d. Mit kohlensaurem Baryt und Fluorwasserstoffsäure.

Die Probe mit Goldchlorid ergab nur Spuren von Eisenoxydul.

	a.	*b.*	*c.*	*d.*
Kieselsäure	36,71	35,29	38,13	
Thonerde	36,16	35,80	39,10	36,00
Eisenoxyd	13,29	15,86	7,14	15,50
Manganoxyd			6,14	
Talkerde	2,43	2,37	1,33	2,11
Kalkerde	0,56	0,79	1,03	1,45
Natron				2,04
Kali				0,38.

Es ist schwer, bei so abweichenden Resultaten, die ich wegen Mangel an Substanz nicht durch Wiederholung prüfen konnte, ein zuverlässiges Mittel zu ziehen. Werden die hohen Kiesel- und Thonerdewerthe in *c* fortgelassen, nimmt man das Mangan als Oxydul an, und zugleich 2 Proc. Fluor, so würde man haben:

			Sauerstoff			
	Fluor	2,00				
a.	Kieselsäure	36,71	19,07	23,96		S.
	Borsäure	7,11	4,89		Ḃ	6,49 4,47
a. b. d.	Thonerde	36,00	16,81	18,95		
	Eisenoxyd	7,14	2,14			
	Manganoxydul	5,52	1,23		=Ṁn	6,14 1,85
	Talkerde	2,30	0,90			
	Kalkerde	0,80	0,22	2,93		
	Natron	2,04	0,52			
	Kali	0,38	0,06			
		100.				

Vielleicht sind beide Oxyde des Eisens und Mangans vorhanden, die nicht einmal nachzuweisen, noch viel weniger zu bestimmen sind. Von Lithion fanden sich Spuren. Nimmt man 3,43 Ṁn (=1,09 O) und 2,23 Ṁn (=0,5 O) und folglich 6,97 Ḃ (=4,79 O') an, so ist der Sauerstoff von Ṙ=2,2, von R̈=20,04, von S̈i+Ḃ=23,86.

No. 23.

Grüner Turmalin von Elba.

Krystallbruchstücke ohne Endflächen, stark gestreift, bald das sechsseitige, bald das dreiseitige Prisma vorherrschend. Hellgrün, durchsichtig. Ist oft mit schwach rothem und mit sehr dunkelgrünem oder gelbbraunem Turmalin verwachsen, entweder in der Richtung der Hauptaxe oder in einer darauf senkrechten, und die Gränze ist zuweilen scharf gezeichnet, zuweilen aber geht die Färbung der dunkleren Varietät ganz allmälig in die grüne über.

Ich erhielt diese Abänderungen von Hrn. Dr. Bader.

Das spec. Gewicht ist = 3,112.

Vor dem Löthrohr wird er weifs, undurchsichtig, schmilzt aber nur in sehr starkem Feuer an den dünnsten Kanten zu einem feinblasigen Email.

Im Ofen geglüht, werden die angewandten Stückchen weifs, opak; einige aber hellbraun. Der Gewichtsverlust betrug 3,28 Proc., was 2,35 Fluor entsprechen würde, und wonach 100 Th. des geglühten Turmalins = 103,4 des nicht geglühten sind.

a. Mit kohlensaurem Kali-Natron. Geschmolzene grüne Masse.

b. Geglühter mit Fluorwasserstoffsäure.

b'. Berechnung von *b.*

	a.	*b.*	*b.*
Kieselsäure	38,19		
Thonerde	38,90	40,85	39,51
Eisenoxyd	4,02	2,34	2,26
Manganoxydul	3,17	5,54	5,36
Talkerde	1,00	1,00	0,99
Kalkerde	0,84		
Natron		2,48	2,40
Lithion		0,77	0,74
Kali		0,34	0,34

	Mittel:	Sauerstoff.			
Fluor	2,35				
Kieselsäure	38,19	19,84	25,05		S.
Borsäure	7,58	5,21		B 7,10	4,88
Thonerde	39,16	18,29	19,23		
Eisenoxyd	3,14	0,94			
Manganoxydul	4,26	0,95		= Mn 4,74	1,43
Talkerde	1,00	0,39			
Kalkerde	0,84	0,24	2,64		
Natron	2,40	0,61			
Lithion	0,74	0,40			
Kali	0,34	0,05			
	100.				

Nimmt man 2,54 Mn = 0,57 O.
1,91 Mn = 0,57 „
und folglich 7,39 B = 5,08 „

an, so ist der Sauerstoff von R = 2,26, von R = 19,8, von Si + B = 24,92.

No. 24.

Grüner Turmalin von Paris in Maine in den vereinigten Staaten.

Von Hrn. Silliman erhielt ich einige Exemplare *rothen* Turmalins von diesem Fundorte, deren eines einen Kern von grünem Turmalin hatte, der ziemlich scharf begränzt war, und, herausgeschlagen, zur Untersuchung diente. Nach Dana kommt dort auch das Umgekehrte vor, oder ein Krystall ist grün an dem einen, roth am anderen Ende. Die Farbe ist hell und sehr rein, und die Substanz durchsichtig.

Das spec. Gewicht ist = 3,069.

Vor dem Löthrohr wird er weifs, emailartig, schmilzt aber nicht.

Wegen Mangel an Stoff konnte das Verhalten im Ofenfeuer nicht untersucht, überhaupt nur *eine* Analyse, und

zwar mit kohlensaurem Baryt und Fluorwasserstoffsäure angestellt werden.

Nimmt man mit Rücksicht auf die übrigen ähnlichen Varietäten einen Fluorgehalt von 2 Proc. in diesem an, so ist das Resultat:

		Sauerstoff.				
Fluor	2,00					
Kieselsäure	38,47	20,00	25,29			S.
Borsäure	7,69	5,29		$\dddot{B}$	7,51	5,16
Thonerde	40,93	19,11	20,13			
Eisenoxyd	3,08	0,92				
Manganoxydul	1,55	0,35		$= \dddot{Mn}$	1,73	0,52
Talkerde	1,21	0,47				
Kalkerde	0,88	0,25	2,53			
Natron	2,36	0,60				
Lithion	1,47	0,80				
Kali	0,36	0,06				
	100.					

No. 25.

Grüner Turmalin aus Brasilien.

Neunseitige Prismen, mit Vorherrschen des dreiseitigen, gewöhnlich an den Enden verbrochen, doch zuweilen an dem einen das Hauptrhomboëder. G. Rose beobachtete aufserdem das erste schärfere, ein noch schärferes ($\frac{2}{7}a$: $\frac{2}{7}a : \infty a : c$) und einen Drei- und Dreikantner ($a : \frac{1}{3}a : \frac{1}{2}a : c$)[1]). Die Flächen sind sehr glatt und glänzend, die Prismenflächen oft stark gestreift; sie sind durchsichtig mit sattgrüner Farbe, nur das Bruchstück eines gröfseren Krystalls ist mehr blaugrün gefärbt. Das Ansehen und die bedeutende Härte bezeugen den frischen unveränderten Zustand dieser Varietät, die ich aus dem K. Mineraliencabinet in Berlin erhielt.

Das spec. Gewicht ist $= 3{,}107$.

Vor dem Löthrohr leuchtet er stark, bläht sich auf, und giebt eine graugelbe Schlacke. Der ungeschmolzene Theil ist undurchsichtig grün ins Violette.

2) Pogg. Ann. Bd. 39, S. 302.

Im Ofen geglüht, war das grobe Pulver sehr stark sintert, undurchsichtig und bräunlich gefärbt. Verlust 2,92 Proc., entsprechend 2,09 Fluor. — 100 Th. des glühten sind = 103 Th. des ungeglühten.

a. Mit kohlensaurem Natron.

b. Geglühter mit Fluorwasserstoffsäure.

b'. Berechnung von *b.*

c. Bestimmung des Eisenoxyds durch Kupfer und Oxyduls durch Goldchlorid.

	a.	*b.*	*b'.*	*c.*
Kieselsäure	38,55			
Thonerde	39,00	38,93	37,80	
Eisenoxyd	7,70	7,19	7,00	$\dddot{F}e$ 4,42
Manganoxyd	0,81	1,12	1,09	$\dot{F}e$ 2,00
Talkerde	0,37			
Kalkerde	1,41	0,90	0,87	
Natron		2,44	2,37	
Lithion		1,23	1,20	
Kali		0,38	0,37	

Zusammenstellung:

		Sauerstoff.			
	Fluor	2,09			
	Phosphorsäure	Spuren			
	Kieselsäure	38,55	20,03	25,04	S.
	Borsäure	7,29	5,01	$\dddot{B}$ 7,21	4,96
a. b'.	Thonerde	38,40	17,93	19,47	
	Eisenoxyd	5,13	1,54		
c.	Eisenoxydul	2,00	0,44		
	Manganoxydul	0,73	0,16	= $\dddot{M}n$ 0,81	0,24
	Talkerde	0,73	0,28		
	Kalkerde	1,14	0,32	2,52	
b'.	Natron	2,37	0,60		
	Lithion	1,20	0,66		
	Kali	0,37	0,06		
		100.			

No. 26.

Grüner Turmalin von Chesterfield in Massachusets in den vereinigten Staaten.

Diese Abänderung findet sich in einem Granit, der den Gneis gangförmig durchsetzt, und dessen Feldspath ein zum Theil krystallisirter Albit (Periklin) ist. Die Turmalinkrystalle liegen theils in diesem, sind dann sechsseitige Prismen mit zugerundeten Kanten, und, wie es scheint, der geraden Endfläche. Der Kern ist lichtgrün, die Peripherie und die beiden Enden sind dunkelgrün gefärbt, ins Blaue fallend; ja einzelne Parthieen sind blau, aber zugleich matt und anscheinend verwittert. An anderen Stellen finden sich im körnigen Albit auch kleine durchsichtige hellblaue Krystalle. Zwischen der rauchgrauen Quarzmasse liegen gröfsere dunkelgrüne Turmaline, von dreiseitigen Prismen mit gewölbten Flächen gebildet, in der Richtung der Hauptaxe mannigfach gebogen, mit einem scharf abgegränzten Kern von hellgrüner oder lebhaft *rother* Turmalinmasse. Zur Untersuchung diente der *dunkelgrüne*, an Masse vorwaltende. Die benutzten Exemplare theilte Hr. Dr. Tamnau mit.

Das spec. Gewicht ist = 3,108.

Vor dem Löthrohr schwillt er an den Kanten etwas auf, wird undurchsichtig und bräunlich.

Im Ofen geglüht, sinterte er stark zusammen, und wurde braun. Verlust = 2,94 Proc., entsprechend 2,10 Fluor. — 100 Th. des geglühten sind = 103,03 des ungeglühten.

a. Mit kohlensaurem Kali-Natron.

b. Geglühter mit kohlensaurem Natron.

b'. Berechnung von *b.*

c. Geglühter mit Fluorwasserstoffsäure.

c'. Berechnung von *c.*

d. Bestimmung des Eisenoxyduls durch Goldchlorid.

	a.	*b.*	*b'.*	*c.*	*c'.*	*d.*
Kieselsäure	40,26	41,30	40,09			
Thonerde	37,87	39,42	38,26	39,03	37,88	
Eisenoxyd	6,25	7,88	7,65	6,78	6,58	Ḟe 3,80
Manganoxyd		0,89	0,86	0,97	0,94	
Talkerde	0,94	1,56	1,51	0,68	0,66	
Kalkerde				0,83	0,81	
Natron				2,15	2,09	
Lithion				0,20	0,20	
Kali				0,65	0,64	

Zusammenstellung:

			Sauerstoff.			
	Fluor	2,10				
a.	Kieselsäure	40,26	20,92	26,27		S.
	Borsäure	7,79	5,35		B̈ 7,88	5,41
a. b'. c'.	Thonerde	38,00	17,74			
	Eisenoxyd	2,61	0,78	18,79		
b'. c'.	Manganoxyd	0,90	0,27		Mn 0,81	0,18
d.	Eisenoxydul	3,80	0,84			
b'. c'.	Talkerde	0,80	0,31			
	Kalkerde	0,81	0,23	2,13		
c'.	Natron	2,09	0,53			
	Lithion	0,20	0,11			
	Kali	0,64	0,11			
		100.				

No. 27.

Rother Turmalin von Elba.

Gröfsere Krystallbruchstücke mit stark gestreiften Seitenflächen und mit verbrochenen Enden. Die Färbung blafs rosenroth in verschiedener Stärke. Ein einzelner Krystall in Form des neunseitigen Prismas, am einen Ende vom Hauptrhomboëder begränzt, und hier scharf abschneidend schwarz, d. h. dunkel braunviolett gefärbt. Die Masse ist durchsichtig und sehr hart. Einzelne Krystalle sind trübe, zerbrechlich, und dann stets mit Glimmer bekleidet, der

uch in ihre Masse tiefer eindringt, deuten daher auf eine nfangende Umwandlung hin.

Das Material kam mir theils aus dem K. Mineraliencainet, theils durch Hrn. Dr. Bader zu.

Das spec. Gewicht fand sich in zwei Versuchen = 2,992 nd 3,087; im Mittel also = 3,022.

Vor dem Löthrohr wird er weifs, undurchsichtig, blätert sich senkrecht gegen die Hauptaxe auf, krümmt sich n der Richtung derselben, schmilzt aber nicht.

Im Ofen geglüht, wurde er weifs, porcellanartig. Der Verlust betrug einmal 3,48 Proc., ein anderes Mal 3,27 Proc.; las Mittel ist 3,37 = 2,41 Fluor. 100 Th. des geglühten Minerals würden hiernach = 103,5 des ungeglühten seyn.

a. Mit kohlensaurem Natron.

b. Mit kohlensaurem Baryt und Fluorwasserstoffsäure.

c. Mit kohlensaurem Natronkali. Bestimmung der Borsäure mittelst Fluorkalium.

d. Desgl. Bestimmung der Kieselsäure und der Phosphorsäure.

e. Geglühter mit Fluorwasserstoffsäure.

e'. Berechnung von *e.*

f. Wiederholung von *e.*

f'. Berechnung von *f.*

	a.	*b.*	*c.*	*d.*	*e.*	*e'.*	*f.*	*f'.*
Phosphorsäure				0,10				
Kieselsäure	39,61		37,05	38,92				
Borsäure			7,06					
Thonerde	43,68	45,98	44,45		45,79	44,24	45,22	43,70
Manganoxyd	1,68	0,44	0,35		0,42	0,41	0,32	0,31
Talkerde	0,95	0,88	0,14		0,77	0,75	0,55	0,53
Natron		1,77			2,50	2,44	1,86	1,80
Lithion		0,95			1,45	1,40	1,35	1,30
Kali							1,35	1,30

Zusammenstellung:

			Sauerstoff.				
	Fluor	2,41					
	Phosphorsäure	0,10					
a. d.	Kieselsäure	39,27	20,40	25,81			S.
	Borsäure	7,87	5,41		B	7,93	5,45
a. b. c. e'. f'.	Thonerde	44,41	20,74	20,93			
	Manganoxyd	0,64	0,19		Mn	0,58	0,13
a. b. e'. f'.	Talkerde	0,78	0,30	1,70			
b. e'. f'.	Natron	2,00	0,51				
	Lithion	1,22	0,67				
f'.	Kali	1,30	0,22				
		100.					

No. 28

Rother Turmalin von Paris in Maine.

Kommt mit dem schon beschriebenen grünen zusammen vor, übertrifft denselben aber an Menge. Die Färbung ist etwas dunkler als die des vorigen; dabei ist er vollkommen durchsichtig und sehr hart.

Das Material verdanke ich theils Hrn. Silliman, theils Hrn. Krantz.

Das spec. Gew. dieser schönen Abänderung ist = 3,019.

Vor dem Löthrohr entfärbt er sich schnell, verhält sich sonst wie der von Elba, und zeigt nur an sehr dünnen Kanten Neigung zu einem feinblasigen Email zu schmelzen.

Im Ofen sintert er schwach zu einer weifsen opaken Masse. Der Verlust betrug 3,61 Proc. entsprechend 2,58 Fluor. 100 Th. des geglühten sind = 103,75 des ungeglühten.

a. Mit kohlensaurem Natron.

b. Mit kohlensaurem Kali; directe Bestimmung der Borsäure.

c. Mit kohlensaurem Baryt und Fluorwasserstoffsäure.

d. Geglühter mit Fluorwasserstoffsäure.

d'. Berechnung von *d.*

	a.	*b.*	*c.*	*d.*	*d'.*
Phosphorsäure			0,27		
Kieselsäure	38,11	38,54	38,83		
Borsäure		9,00			
Thonerde	41,91	42,70	44,16	45,48	43,83
Manganoxyd	1,12		3,47		
Talkerde	1,02				
Natron			2,84	2,45	2,36
Lithion			1,56	0,81	0,78
Kali			0,77	0,62	0,60

Zusammenstellung:

			Sauerstoff.			
	Fluor	2,58				
	Phosphorsäure	0,27				
a. b. c.	Kieselsäure	38,33	19,91	26,1		S.
b.	Borsäure	9,00	6,19		B	9,12 6,27
a. b. c. d'.	Thonerde	43,15	20,15	20,49		
a.	Manganoxyd	1,12	0,34		Mn	1,00 0,22
	Talkerde	1,02	0,40			
c. d'.	Natron	2,60	0,66	1,81		
	Lithion	1,17	0,64			
	Kali	0,68	0,11			
		99,92.				

No. 29.

Rother Turmalin von Schaitansk am Ural.

Zu Schaitansk bei Mursinsk, nördlich von Katharinenburg, kommen auf Drusenräumen im Granit sehr schöne Turmalinvarietäten vor, deren Form und elektrisches Verhalten von G. Rose beschrieben wurden [1]). Die untersuchten Exemplare, welche ich dem K. Mineraliencabinet in Berlin verdanke, waren theils kleine durchsichtige Bruchstücke, theils strahlige Parthieen, von intensiv rother Farbe.

Das spec. Gewicht ist = 3,082.

Vor dem Löthrohr verhält er sich wie die vorhergehenden rothen Turmaline.

1) Pogg. Ann. Bd. 39, S. 306.

Im Ofen sinterte das grobe Pulver schwach, die Stückchen waren opak, porcellanartig, gröfstentheils weifs oder schwach röthlich, einige grünlich. Verlust = 3,59 Proc.; in einem zweiten Versuch = 3,30 Proc., im Mittel also 3,45 Proc., entsprechend 2,47 Fluor. 100 Th. des geglühten sind = 103,73 und 103,41 des ungeglühten.

a. Mit kohlensaurem Natron. Gesinterte dunkelgrüne Masse.

b. Mit kohlensaurem Kali-Natron.

c. Geglühter mit Fluorwasserstoffsäure.

c'. Berechnung von *c.*

d. Wiederholung von *c.*

d'. Berechnung von *d.*

	a.	*b.*	*c.*	*c'.*	*d.*	*d'.*
Phosphorsäure	0,27					
Kieselsäure	38,05	38,38				
Thonerde	42,48	45,55	43,59	42,09	47,41	45,77
Manganoxyd	3,76	1,43	3,70	3,57	1,69	1,63
Talkerde	2,62	0,48	1,68	1,62	0,89	0,86
Kalkerde		0,77	0,64	0,62		
Natron			2,04	1,97	1,58	1,53
Lithion			0,18	0,18	0,50	0,48
Kali			0,74	0,71	0,22	0,21

Zusammenstellung:

			Sauerstoff.			
	Fluor	2,47				
	Phosphorsäure	0,27				
b.	Kieselsäure	38,38	19,94	25,03		S.
	Borsäure	7,41	5,09		B 7,67	5,27
a. b. c'. d'.	Thonerde	43,97	20,53	21,31		
	Manganoxyd	2,60	0,78		Mn 2,34	0,52
c'.	Talkerde	1,62	0,64	1,61		
	Kalkerde	0,62	0,17			
	Natron	1,97	0,50			
	Lithion	0,48	0,26			
d'.	Kali	0,21	0,04			
		100.				

No. 30.

No. 30.

Rother Turmalin von Rozena in Mähren.

Diese bekannte Varietät kommt in einem Granit vor, dessen Feldspath durch Zersetzung in eine kaolin- oder steinmarkartige Masse verwandelt ist. Auch der Turmalin ist ohne Zweifel nicht unverändert geblieben, wenigstens ist er grofsentheils undurchsichtig, wenig glänzend, nicht sehr hart, und mit Schuppen von Glimmer (Lepidolith) gemengt und bekleidet. Es ist daher sehr zweifelhaft, ob seine Zusammensetzung dem ursprünglichen Zustande angehört, selbst wahrscheinlich, dafs das Minimum der stärkeren Basen Ṙ, welches er unter allen Turmalinen zeigt, eben eine Folge von Zersetzung ist.

Das Material erhielt ich von Hrn. Haidinger.

Das spec. Gewicht fand sich = 2,998.

Vor dem Löthrohr berstet er auf, wird milchweifs, opak, schmilzt aber nicht.

Im Ofen erlangt er dasselbe Ansehen. Der Verlust betrug in 2 Versuchen 3,55 und 3,98 Proc., entsprechend 2,54 und 2,85 Fluor. 100 Th. des geglühten Minerals sind hiernach = 103,6 und 104,14 des ungeglühten.

a. Mit kohlensaurem Natron. Gesinterte grüne Masse.

b. Mit kohlensaurem Kali-Natron. Bestimmung des Fluors nach der älteren Methode.

c. Desgl. Bestimmung des Fluors nach der neueren Methode von H. Rose.

d. Geglühter mit Fluorwasserstoffsäure.

d'. Berechnung von *d.*

e. Wiederholung von *d.*

e'. Berechnung von *e.*

	a.	*b.*	*c.*	*d.*	*d'.*	*e.*	*e'*
Fluor		0,40	1,19				
Phosphorsäure	0,22						
Kieselsäure	41,18	40,56	41,45				
Thonerde	42,94		41,42	42,41	40,93	43,76	42,02

	a.	*b.*	*c.*	*d.*	*d'.*	*e.*	*e'.*
Manganoxyd	0,84		0,62	1,26	1,21	1,27	1,22
Talkerde	0,85		0,69	0,54	0,52	0,38	0,37
Natron				1,39	1,34	1,45	1,40
Lithion				0,57	0,55	0,27	0,26
Kali				2,19	2,11	2,33	2,23

Zusammenstellung:

			Sauerstoff.			
	Fluor	2,70				
	Phosphorsäure	0,22				
a. b. c.	Kieselsäure	41,16	21,38	27,26		S.
	Borsäure	8,56	5,88		B	8,65 5,94
a. c. d'. e'.	Thonerde	41,83	19,53	19,83		
	Manganoxyd	0,97	0,30		Mn	0,88 0,2
	Talkerde	0,61	0,24			
d'. e'.	Natron	1,37	0,35	1,19		
	Lithion	0,41	0,23			
	Kali	2,17	0,37			
		100.				

Berechnung der Sauerstoffproportionen in den vorstehenden Analysen.

Wenn man versuchen will, die stöchiometrische Zusammensetzung des Turmalins nach Anleitung der so eben mitgetheilten Analysen zu berechnen, so ist es zunächst erforderlich, das einfache und bestimmte Verhältnifs aufzusuchen, in welchem der Sauerstoff seiner Bestandtheile unter sich steht. Allein die Turmaline sind so reich an Bestandtheilen, dafs sich schon hier Schwierigkeiten erheben. Sie enthalten eine Reihe von stärkeren Basen $\dot{R}$, nämlich Alkalien, Kalkerde, Talkerde und Eisenoxydul (Manganoxydul); eine zweite von schwächeren Basen $\ddot{R}$, d. h. Thonerde, Eisenoxyd, Manganoxyd; mehrere Säuren $\ddot{R}$, nämlich Kiesel- und Borsäure; sodann eine Säure $\dddot{R}$, Phosphorsäure, und ein stark elektronegatives Element, Fluor.

Was das *Fluor* betrifft, so mufs dasselbe zunächst von der Berechnung ausgeschlossen bleiben. Seine Menge ist gering im Vergleich zu der, welche in vielen Glimmerarten enthalten ist, die den Turmalinen in der Zusammensetzung nahe stehen, ja zum Theil ganz gleich sind. Indem wir uns vorbehalten, auf diesen Gegenstand weiterhin zurückzukommen, bemerken wir hier nur, dafs das Fluor, nach unserer Ansicht, bei beiden Mineralien dieselbe Rolle spielt, nämlich mit den Radicalen *aller* Bestandtheile verbunden ist zu doppelten Kiesel- und Borfluormetallen, kurz, dafs das Doppelsilicat und Borat, welches die Hauptmasse des Turmalins ausmacht, mit einer kleinen Menge einer Verbindung vereinigt ist, welche dieselbe Zusammensetzung hat, worin aber der Sauerstoff durch Fluor vertreten wird.

Streng genommen, müfste man also, wenn man die Analyse berechnen will, zunächst die Quantitäten Kiesel, Bor und der Metalle von den Oxyden abrechnen, welche das Fluor verlangt. Allein diefs könnte doch erst nach Feststellung der Zusammensetzung der Hauptverbindung geschehen, und andererseits ist der Fehler, wenn man diefs nicht thut, so klein, dafs er füglich vernachlässigt werden kann [1]).

Die *Phosphorsäure* beträgt so wenig, dafs sie als zufällig erscheint, um so mehr, als sie sich nicht immer nachweisen läfst. Auch erlaubt ihre Zusammensetzung nicht, sie mit einem der übrigen Bestandtheile zu vereinigen. Bei ihrer geringen Quantität ist es auch von keinem Einflufs, wenn die Quantität Basis, mit der sie verbunden ist, nicht in Abzug gebracht wird.

Kieselsäure und Borsäure. Es ist unnöthig, hier die Gründe anzuführen, welche Berzelius bestimmt haben, beide Säuren als Verbindungen von 1 At. Radical und 3 At. Sauerstoff zu betrachten, und welche auch von der Mehrzahl der Chemiker anerkannt werden. Ebenso wenig

1) Natürlich ist es gleichfalls ein kleiner aber nicht zu umgehender Fehler, die Borsäure = 100 minus der gefundenen Menge der Oxyde und des Fluors zu setzen.

wollen wir das wiederholen, was für 2 At. Sauerstoff in der Kieselsäure spricht, und nur bemerken, dafs kein evidenter Beweis für diese Ansicht vorliegt. Hermann hat dieselbe aber auch für die Borsäure geltend gemacht. Als Gründe führt er an: 1) die gegenseitige Vertretung von Kohlensäure, Kieselsäure und Borsäure im Turmalin, Epidot, Axinit, Vesuvian. In Betreff der Kohlensäure bin ich gezwungen, dieser Angabe Hermann's durchaus zu widersprechen, da nach meinen Versuchen in keinem dieser Mineralien Kohlensäure enthalten ist. 2) Die gleiche Sauerstoffquantität in derjenigen Menge Kohlensäure, welche beim Schmelzen von kohlensaurem Alkali mit Kieselsäure, Borsäure und Titansäure ausgetrieben wird, und der ihre Stelle einnehmenden feuerbeständigen Säure. Er nimmt an, dafs unter diesen Umständen stets 1 At. Säure 1 At. Kohlensäure austreibt. Diefs ist gewifs die einfachste Annahme, und auch in Bezug auf die Titansäure (gleichwie bei der Thonerde und dem Antimonoxyd) die allgemeine, aber doch gewifs keine nothwendige, ja wir könnten selbst in dem Umstande, dafs Kieselsäure und Borsäure stärkere Säuren als Thonerde, Titansäure und Antimonoxyd sind, den Grund finden, weshalb sie $1\frac{1}{2}$ mal soviel Kohlensäure austreiben, als diese [1]). 3) Führt Hermann als Regel an, dafs aus den Auflösungen der Verbindungen einbasischer Säuren mit Basen gewöhnlich Salze krystallisiren, welche 1 Atom Basis und 1 Atom Säure enthalten. Indessen die atomistische Zusammensetzung dieser so genannten neutralen Salze ist ja erst eine Folge von derjenigen ihrer Bestandtheile, sie ist mithin keine Thatsache, lediglich eine Hypothese, und der Begriff neutraler Salze bei den jetzt herrschenden Ansichten ein mindestens ganz entbehrlicher, dem die Reactionen zuweilen geradezu widersprechen.

Hiernach darf man wohl kaum daran denken, in der Borsäure 2 At. Sauerstoff anzunehmen, wobei der Borax ein trotz seiner alkalischen Reaction noch saureres Salz

1) Vgl. H. Rose in diesen Ann. Bd. 80, S. 269.

werden würde (mit 3 At. Säure), als er es jetzt schon ist, und auch die Borfluorüre weniger einfache Formeln erhalten würden.

Haben nun Borsäure und Kieselsäure eine analoge Zusammensetzung, so *können* sie isomorphe Verbindungen liefern, sich gegenseitig vertreten. Da nun aber bisher kein einzelnes krystallisirtes Silicat mit einem entsprechenden Borat in Bezug auf die Form hat verglichen werden können, so ist die Isomorphie nicht bewiesen, und kann nur aus der gegenseitigen Vertretung beider Säuren geschlossen werden.

Unter den borsäurehaltigen Silicaten haben wir nächst dem Turmalin nur *Datolith* und *Axinit* anzuführen, deren Zusammensetzung Gegenstand früherer Versuche von mir gewesen ist [1]), Der Datolith enthält in allen Varietäten beide Säuren in dem nämlichen Verhältnifs ($3\,\ddot{B} : 1\,\ddot{S}i$), ja auch der doppelt so viel Wasser enthaltende Botryolith hat eben dasselbe. Betrachtet man sie als Vertreter, so würde das Kalksilicat (Borat) die ganz unwahrscheinliche Formel $\dot{C}a^6 (\ddot{S}i, \ddot{B})^7$ erhalten. Hier scheint also keine directe Isomorphie stattzufinden. Nur wenn man annehmen wollte, dafs 3 At. Borsäure 4 At. Kieselsäure vertreten können, würde der Datolith und Botryolith $= \dot{C}a^3\,\ddot{S}i^4$ seyn, worin die Hälfte der Kieselsäure durch Borsäure vertreten wäre.

Zur Vergleichung mit dem Turmalin eignet sich der Datolith, ein wasserhaltiges borsäurereiches Silicat von unbezweifelt secundärer Bildung, welches die Kieselsäure in der löslichen Modification enthält, viel weniger als der *Axinit*, welcher wasserfrei ist, ein ähnliches Vorkommen zeigt, von Säuren nicht zerlegt wird, und mit Ausnahme der Alkalien dieselben Basen wie der Turmalin hat. In den verschiedenen Varietäten scheint das Verhältnifs der beiden Säuren immer dasselbe zu seyn, nämlich 1 At. Borsäure gegen 6 At. Kieselsäure. Je nachdem man das Eisen als Oxydul oder Oxyd annimmt, ist das Verhältnifs des Sauer-

1) Diese Ann. Bd. 47, S. 169. Bd. 50, S. 363.

stoffs von $\dot{R}$, $\ddot{R}$ und den beiden Säuren zusammengenommen $= 1:1:3$ oder $= 1:2:4$, die Formel entweder $\dot{R}^3 \ddot{Si}^4 + \ddot{R} \ddot{Si}$ oder $\dot{R}^3 \ddot{Si}^2 + 2\ddot{R} \ddot{Si}$. Jedenfalls beweist die Zusammensetzung des Axinits, dafs man sehr gut beide Säuren in den Formeln zusammenfassen kann.

In den Turmalinen ist das Verhältnifs des Sauerstoffs von Borsäure und Kieselsäure folgendes:

Gouverneur	= 5,67 : 20,18 =	1 : 3,56
Windisch-Kappel	= 6,45 : 19,78 =	3,07
Eibenstock	= 6,10 : 19,65 =	3,22
Orford	= 6,78 : 19,91 =	2,94
Monroe	= 6,21 : 20,27 =	3,27
Zillerthal	= 5,90 : 19,71 =	3,34
Grönland	= 5,06 : 19,59 =	3,87
Texas	= 5,83 : 19,98 =	3,43
Gotthardt	= 6,19 : 19,74 =	3,19
Havredal	= 6,04 : 19,28 =	3,19
Snarum	= 5,98 : 19,34 =	3,23
Haddam	= 5,46 : 19,48 =	3,57
Haddam	= 3,35 : 19,00 =	5,67
Unity	= 4,77 : 18,85 =	3,95
Bovey-Tracy	= 5,27 : 19,22 =	3,64
Alabaschka	= 5,50 : 18,57 =	3,38
Andreasberg	= 5,24 : 18,97 =	3,62
Langenbielau	= 5,24 : 19,34 =	3,69
Krummau	= 5,54 : 19,97 =	3,60
Saar	= 5,98 : 19,18 =	3,21
Sarapulsk	= 4,34 : 19,90 =	4,59
Elba, schwarzer	= 4,89 : 19,07 =	3,90
Elba, grüner	= 5,21 : 19,84 =	3,80
Paris, grüner	= 5,29 : 20,00 =	3,80
Brasilien	= 5,01 : 20,03 =	4,00
Chesterfield	= 5,35 : 20,92 =	3,91
Elba, rother	= 5,41 : 20,40 =	3,77
Paris, rother	= 6,19 : 19,91 =	3,22
Schaitansk	= 5,09 : 19,94 =	3,91
Rozena	= 5,88 : 21,38 =	3,64.

Im Durchschnitt sind also, da das Mittel = 1 : 3,5 ist, gegen 2 At. Borsäure 7 At. Kieselsäure vorhanden. Mag nun diefs oder das einfachere Verhältnifs 1 : 3 das richtige seyn, so zeigt sich doch hierin auch beim Turmalin wie beim Axinit eine Beständigkeit, die bei jenem um so merkwürdiger ist, als die Menge der Kieselsäure, wie die Analysen darthun, bei den einzelnen Turmalinen durchaus nicht dieselbe ist. Gerade dieser Umstand aber spricht für die Vertretung oder das Zusammengehören beider Säuren.

Die Basen der Turmaline sind zweierlei Art. Die *schwächeren* Basen mit 3 At. Sauerstoff sind Thonerde, Eisen- und Manganoxyd, unter denen die erstere aber fast stets aufserordentlich vorherrscht. Obwohl sehr viele Turmaline Spuren von Mangan enthalten, so sind doch bestimmbare Mengen nur in den grünen und rothen Varietäten, aber es ist sehr schwer, wo nicht unmöglich, ihre Oxydationsstufe zu bestimmen, selbst wenn Eisen nicht gleichzeitig vorhanden ist. Dafs die rothe Färbung durch Mangan*oxyd* bedingt werde, ist wohl wahrscheinlich, jedoch keinesweges bewiesen; sie könnte ebensowohl von Uebermangansäure herrühren. Wenn die Menge des Mangans nicht, wie gewöhnlich, so gering ist, dafs sie bei der Berechnung kaum einen Einflufs ausübt, so werden wir die Alternative discutiren.

Die *stärkeren* Basen $\dot{R}$ werden von Eisenoxydul (Manganoxydul), der Talk- und Kalkerde und den Alkalien gebildet. Unter den letzteren herrscht das Natron vor, neben ihm fehlt aber auch das Kali keinem Turmalin; Lithion dagegen findet man nur in den grünen und rothen Varietäten.

Stellen wir nun die Sauerstoffmengen der drei Gruppen von Bestandtheilen nebeneinander, so wie sie sich aus den mitgetheilten Analysen angeben, so erhalten wir folgende Verhältnisse:

$$\dot{R} : \ddot{R} : \ddot{S}i + \ddot{B}.$$

1. Gouverneur $= 1 : 2{,}25 : 3{,}88 = 1{,}34 : 3 : 5{,}17$
2. Windisch-Kappel $= 1 : 3{,}12 : 5{,}00 = 0{,}97 : 3 : 4{,}8$

Verbindung $\dot{R} + 5\ddot{\dot{R}} + 7\ddot{S}i = \dot{R}\ddot{S}i^2 + 5\ddot{\dot{R}}\ddot{S}i$ anzeigen würde. Allein ich glaube nicht, dafs dieser Turmalin noch seine ursprüngliche Zusammensetzung hat; dafür spricht sein Ansehen, seine innige Durchdringung mit Glimmer (Lepidolith), und ein in Folge begonnener Glimmerbildung ungewöhnlich grofser Kaligehalt, wie er sonst niemals vorkommt. Ich möchte ihn daher von der Betrachtung der Turmaline vorerst ausschliefsen.

Nach dem Vorstehenden würde die *chemische* Klassification der zum Turmalin gehörigen Verbindungen folgende seyn:

A. **Brauner und schwarzer, lithionfreier Turmalin.**

I. Magnesia-Turmalin, $\dot{R}^3\ddot{S}i^2 + 3\ddot{\dot{R}}\ddot{S}i$.

II. Magnesia-Eisen-Turmalin $\dot{R}^3\ddot{S}i^2 + 4\ddot{\dot{R}}\ddot{S}i$.

III. Eisen-Turmalin $\dot{R}^3\ddot{S}i^2 + 6\ddot{\dot{R}}\ddot{S}i$.

Sämmtlich Verbindungen von Singulo- und Bisilicaten.

B. **Blauer, grüner und rother (farbloser) lithionhaltiger Turmalin.**

IV. Eisen-Mangan-Turmalin (blauer und grüner) $\dot{R}\ddot{S}i + 3\ddot{\dot{R}}\ddot{S}i$.

V. Mangan-Turmalin (rother) $\dot{R}\ddot{S}i + 4\ddot{\dot{R}}\ddot{S}i$.

Sämmtlich Verbindungen von Singulo- und Trisilicaten.

Die Analogie beider Hauptgruppen ist offenbar, und vielleicht existirt auch $\dot{R}\ddot{S}i + 6\ddot{\dot{R}}\ddot{S}i$.

Dafs die physikalischen Eigenschaften in einer innigen Beziehung zu der chemischen Zusammensetzung stehen, ist auch beim Turmalin unverkennbar. In wiefern die Farben mit der letzteren wechseln, ergiebt sich aus dem Bisherigen, wenn man auch nicht sagen kann, dafs jeder Gruppe eine bestimmte Färbung zukomme.

Es ist aber das Daseyn jener fünf Gruppen auch in anderen Eigenschaften aufzusuchen, unter denen zunächst *das*

spec. Gewicht gewählt werden mag. Es ist in folgender Uebersicht enthalten:

I.		II.	
Gouverneur	3,049	Grönland	3,072
Windisch-Kappel	3,035	Texas	3,043
Eibenstock	3,034	Gotthardt	3,055
Orford	3,068	Havredal	3,107
Monroe	3,068	Snarum	3,145
Zillerthal	3,054	Haddam	3,136
Mittel	3,05.	Haddam	3,132
		Unity	3,192
		Mittel	3,11.

III.		IV.	
Bovey-Tracy	3,205	Sarapulsk	3,162
Alabaschka	3,227	Elba, schwarz	2,942
Andreasberg	3,243	Elba, grün	3,112
Saar	3,181.	Paris, grün	3,069
Langenbielau	3,152	Brasilien	3,107
Krummau	3,135	Chesterfield	3,108
	3,19.		3,083.

V.	
Elba, roth	3,022
Paris, roth	3,019
Schaitansk	3,082
Mittel	3,041.

Man sieht hieraus, dafs sich die drei Gruppen der lithionfreien Turmaline durch mittlere Werthe von 3,05 — 3,1 — 3,2 charakterisiren; und ebenso unter den Lithion-Turmalinen die eisenfreien und die eisenhaltigen etwa 3,04 und 3,08 haben.

Es steht nun wohl durch die zahlreichen Analysen fest, dafs die Turmaline eine verschiedene Zusammensetzung haben. Ist ihre Krystallform dieselbe, so liegt hier ein evidentes Beispiel vor, wo gleiche Form nicht an analoge

Zusammensetzung gebunden ist, wie in den gewöhnlichen Fällen von Isomorphie. Auch gelingt es nicht, durch Combinationen der Bestandtheile jene Analogie hervorzubringen.

Versucht man z. B., die Basen $\dot{R}$ der Borsäure, $\ddot{R}$ hingegen der Kieselsäure zuzutheilen, d. h. die Turmaline als Borate der stärkeren und als Silicate der schwächeren Basen darzustellen, so ist einerseits das erste Glied sehr variabel ($\dot{R}^3\ddot{B}$, $\dot{R}^2\ddot{B}$, $\dot{R}^3\ddot{B}^2$, $\dot{R}\ddot{B}$ etc.), andererseits ist das Silicat in vielen Fällen zwar $\ddot{R}\ddot{S}i$, in anderen ist aber mehr Säure vorhanden.

Oder berechnet man die Basen $\ddot{R}$ als Singulosilikate, und legt den etwanigen Rest der Kieselsäure zur Borsäure, so ergeben sich auch auf diesem Wege ungleiche Sättigungsstufen von $\dot{R}$, mit den Sauerstoffverhältnissen von $2:3$, $1\frac{1}{2}:3$, $1:3$ für Basis und Säure.

Nur unter *einer* Bedingung kann man für alle Turmaline ein gleichmäfsiges Resultat erhalten. Wenn man nämlich den Sauerstoff der Basen $\dot{R}$ und $\ddot{R}$ und der Borsäure addirt, *so verhält sich bei allen diese Summe zum Sauerstoff der Kieselsäure* $= 4:3$. Die gröfsten Abweichungen unter den einzelnen sind $4,3:3$ und $3,8:3$. Allein man kann aus dieser Thatsache nichts für die Constitution der Turmaline folgern.

Es könnte nun wohl die Frage entstehen, ob die durch die Analyse gefundenen Differenzen in der Zusammensetzung ursprünglich vorhanden waren, oder ob nicht vielleicht Umwandlungen, mehr oder minder fortgeschritten, die primitive Mischung verändert haben. Man hat diesem Gegenstande in neuester Zeit mit Recht grofse Aufmerksamkeit geschenkt, und G. Bischof hat so klar gezeigt, wie viele Analysen eines und desselben Minerals Unterschiede in der Zusammensetzung andeuten, die eine Folge seiner Metamorphose sind.

Allein diefs kann bei den untersuchten Turmalinen durchaus nicht angenommen werden. Ich habe solche Varietäten, die nicht mehr frisch erscheinen, sorgfältig vermieden.

Ferner fehlt ein Wassergehalt, der solche Umwandlungen begleitet, denn beim Erhitzen zeigt sich immer nur ein Verlust von viel weniger als 1 Proc., und wenn die Turmaline, nachdem sie schwach geglüht worden, und ihr Gewicht bestimmt ist, erst in sehr hohen Temperaturen einen Verlust erleiden, so besteht dieser, wie bereits angeführt wurde, wesentlich in Fluorkiesel. Auch ist nicht zu übersehen, dafs gerade diejenigen Varietäten, welche am ärmsten an den Basen $\dot{R}$ sind, zugleich die härtesten und durchsichtigsten sind.

Es bleibt also nichts übrig, als anzunehmen, dafs die Verbindungen:

$$\dot{R}^3 \left\{ \begin{matrix} \dddot{Si} \\ \dddot{B}^2 \end{matrix} \right. + 3\dddot{R} \left\{ \begin{matrix} \dddot{Si} \\ \dddot{B} \end{matrix} \right.$$

$$\dot{R}^3 \left\{ \begin{matrix} \dddot{Si}^2 \\ \dddot{B}^2 \end{matrix} \right. + 4\dddot{R} \left\{ \begin{matrix} \dddot{Si} \\ \dddot{B} \end{matrix} \right.$$

$$\dot{R}^3 \left\{ \begin{matrix} \dddot{Si}^2 \\ \dddot{B}^2 \end{matrix} \right. + 6\dddot{R} \left\{ \begin{matrix} \dddot{Si} \\ \dddot{B} \end{matrix} \right.$$

$$\dot{R} \left\{ \begin{matrix} \dddot{Si} \\ \dddot{B} \end{matrix} \right. + 3\dddot{R} \left\{ \begin{matrix} \dddot{Si} \\ \dddot{B} \end{matrix} \right.$$

$$\dot{R} \left\{ \begin{matrix} \dddot{Si} \\ \dddot{B} \end{matrix} \right. + 4\dddot{R} \left\{ \begin{matrix} \dddot{Si} \\ \dddot{B} \end{matrix} \right.$$

isomorph seyen.

Welches ist aber der Grund dieser Isomorphie?

Es giebt zahlreiche Fälle, in denen gleiche oder doch nahe gleiche Krystallform Körpern von durchaus nicht analoger Zusammensetzung zukommt. Ganz abgesehen von denen des regulären Systems, wo kein bestimmtes Axenverhältnifs unterscheidende Grundformen hervorruft, und wo wirklich isomorphe Körper wenigstens gleichartige Spaltbarkeit und Formenentwicklung zeigen müssen, bieten doch auch die ungleichaxigen Systeme Beispiele genug dar.

Bei allen isomorphen Körpern, von analoger Zusammensetzung, sind die *Atomvolume* entweder gleich, oder

sie stehen unter einander in einem einfachen Verhältnifs. Dieser Satz scheint den Begriff der Isomorphie am allgemeinsten auszudrücken, obwohl vollkommene Gleichheit weder bei den Atomvolumen noch bei den Krystallformen angetroffen wird, aber die Differenzen bei beiden entsprechen sich, wie Kopp zuerst an den rhomboëdrischen Carbonaten nachgewiesen hat. Gleichheit der Atomvolume ist der gewöhnlichste Fall; Proportionalität ist minder häufig, doch unverkennbar bei Körpern wie Gold und Silber, Arsenik und Antimon, Kupferglanz und Silberkupferglanz u. s. w.

Diese Proportionalität scheint vorzugsweise die Ursache der gleichen Form auch bei Körpern von verschiedener chemischer Construction zu seyn. Oder sollten nur zufällig die Atomvolume von Arragonit und Kalisalpeter, von Kalkspath und Natronsalpeter, von Arragonit und Bournonit, von Kalkspath und Rothgültigerz, Antimonglanz und Bittersalz, Augit und Borax und manche andere Multipla von einander seyn? Man kann dieſs nicht glauben.

Ich habe versucht, diese Hypothese auch auf den Turmalin anzuwenden, und zu dem Zweck das Atomgewicht jeder einzelnen Varietät nach Anleitung der Formel und der Analyse berechnet. Ohne das Detail hier mitzutheilen, begnüge ich mich die Resultate anzuführen, und ihnen die mittelst der spec. Gewichte erhaltenen Atomvolume beizufügen.

I. Gruppe.

	Atomgewicht.	Atomvolum.
Gouverneur	5473,34	1794
Windisch-Kappel	5486,59	1808
Eibenstock	5553,65	1830
Orford	5482,55	1787
Monroe	5551,91	1810
Zillerthal	5547,47	1816
		Mittel 1808.

II.

II. Gruppe.

Grönland	6789,55	2210
Texas	6746,69	2217
Gotthardt	6863,98	2247
Havredal	6856,29	2207
Snarum	6966,04	2215
Haddam [1])	6913,56	2205
Unity	7076,26	2217
	Mittel	2217.

III. Gruppe.

Bovey-Tracy	9656,22	3013
Alabaschka	9641,55	2988
Andreasberg	9752,04	3008
Saar	9588,50	3014
Langenbielau	9548,02	3029
Krummau	9472,73	3023
	Mittel	3013

IV. Gruppe.

Sarapulsk	4675,12	1479
Elba, schwarz	4636,00	1576
Elba, grün	4523,29	1453
Paris, grün	4488,17	1462
Brasilien	4532,75	1459
Chesterfield	4565,16	1469
	Mittel	1464 [2]).

V. Gruppe.

Elba, roth	5633,73	1864
Paris, roth	5607,74	1857
Schaitansk	5638,80	1830
	Mittel	1850.

Die Zahlen 1464 : 1808 : 1850 : 2217 : 3013 verhalten sich $= 1 : 1{,}24 : 1{,}25 : 1{,}51 : 2{,}06$, also fast genau $= 1 : 1\frac{1}{4} : 1\frac{1}{2} : 2 = 4 : 5 : 6 : 8$. Die Proportionalität der Atomvolume ist

1) No. 12.

2) Ohne Rücksicht auf das zweite Glied, dessen spec. Gewicht etwas zu niedrig bestimmt ist.

mithin vorhanden, und bietet für jetzt wohl die einzige Erklärung für die Gleichheit der Form bei allen Turmalinen.

Bei den bisherigen Betrachtungen wurde das *Fluor* in den Turmalinen ganz aufser Acht gelassen, indefs schon bemerkt, welche Vorstellung von seiner Verbindungsweise die wahrscheinlichste seyn dürfte. So würde z. B. ein Turmalin der ersten Gruppe aus $\dot{R}^3 \ddot{S}i^2 + 3\ddot{R}\ddot{S}i$ bestehen, welcher Verbindung eine kleine Menge $(3RFl + 2SiFl^3) + 3(\dot{R}Fl^3 + SiFl^3)$ beigemischt ist, und so wie in jener die Borsäure die Kieselsäure vertritt, so in letzterer das Bor den Kiesel. Da in den verschiedenen Turmalinen 1 At. (Aeq.) Fluor auf 1—6 At. der Basen $\dot{R}$ enthalten ist, so sind 27—45 At. der Sauerstoffverbindung gegen 1 At. der Fluorverbindung vorhanden.

Fafst man die im Vorstehenden enthaltenen Resultate zusammen, so bestehen sie in Folgendem:

1. Der Name *Turmalin* gehört einer Reihe von Mineralien, deren Krystallformen sich auf ein Rhomboëder mit Endkantenwinkeln von 133° 26′ zurückführen lassen, und polarisch-hemiëdrisch entwickelt sind. Es sind Verbindungen von 1 At. Bisilicaten (und Boraten) oder Trisilicaten (und Boraten) der stärkeren Basen $\dot{R}$ mit 3, 4 oder 6 At. Singulosilicaten (und Boraten) schwächerer Basen $\ddot{R}$.

2. Die Turmaline zerfallen in zwei Abtheilungen, und jede derselben in mehrere Gruppen, welche physikalisch und chemisch verschieden sind. Nämlich:

A. Dunkle, d. h. braune und (scheinbar) schwarze Turmaline; Verbindungen lithionfreier Bisilicate und Singulosilicate.

I. Gruppe. *Magnesia-Turmaline.* Gelbe und braune Varietäten. Spec. Gewicht = 3,05 im Mittel. Reich an Talkerde (10—15 Proc.), arm an Eisen.

$$\dot{R}^3 \ddot{S}i^2 + 3\ddot{R}\ddot{S}i.$$

Hierher gehören die Abänderungen von Gouverneur,

Windisch-Kappel, Eibenstock, Monroe, Orford und Zillerthal.

II. *Magnesia-Eisen-Turmaline.* Schwarze Varietäten. Spec. Gew. = 3,1 im Mittel. Von mittlerem Gehalt an Talkerde (6 — 9 Proc.) und an Oxyden des Eisens (3 — 14 Proc.)

$$\dot{R}^3 \ddot{S}i^2 + 4 \dddot{R} \ddot{S}i.$$

Von den untersuchten stehen hier die Turmaline von Grönland, Texas, St. Gotthardt, Havredal, Snarum, Haddam und Unity.

III. Gruppe. *Eisen-Turmaline.* Sehr schwarze Varietäten. Spec. Gewicht = 3,2 im Mittel. Reich an Eisenoxyden (12 — 18 Proc), arm an Talkerde.

$$\dot{R}^3 \ddot{S}i^2 + 6 \dddot{R} \ddot{S}i.$$

Die Varietäten von Bovey-Tracy, Alabaschka, Andreasberg, Saar, Langenbielau und Krummau.

B. **Helle, oft (schon in Masse) durchsichtige Turmaline; Verbindungen lithionhaltiger Trisilicate mit Singulosilicaten.**

IV. Gruppe. *Eisen-Mangan-Turmaline.* Grüne, blaue und violette; spec. Gewicht = 3,08 im Mittel. Gleichzeitig Eisen und Mangan enthaltend.

$$\dot{R} \ddot{S}i + 3 \dddot{R} \ddot{S}i.$$

Die grünen Varietäten von Elba, Paris, Brasilien, Chesterfield; die dunkle (violette) von Elba und die blaue von Sarapulsk.

V. Gruppe. *Mangan-Turmaline* d. h. *rothe.* Spec. Gewicht im Mittel = 3,04. Frei von Eisen.

$$\dot{R} \ddot{S}i + 4 \dddot{R} \ddot{S}i.$$

Die rothen Turmaline von Elba, Paris, Schaitansk und wohl auch ursprünglich von Rozena.

Alle zur Abtheilung *B* gehörigen sind arm an Talkerde.

3. Alle Turmaline enthalten *Fluor,* und oft sehr kleine Mengen *Phosphorsäure,* aber keine Kohlensäure.

4. Die Isomorphie der die einzelnen Gruppen bildenden Verbindungen läfst sich aus der Proportionalität ihrer

Atomvolume erklären, welche sich wie $1:1:1\frac{1}{4}:1\frac{1}{2}:2$ verhalten.

Bemerkungen über einige optische Eigenschaften der Turmaline.

Ohne über die optischen Verhältnisse des Turmalins eine genaue Untersuchung anstellen zu wollen, habe ich nur einige Beobachtungen anzuführen, welche zu dem Zweck gemacht wurden, etwanige leicht bemerkbare Unterschiede für die aufgestellten fünf Gruppen zu ermitteln.

Turmaline aus den verschiedenen Gruppen (der gelbe von Windischkappel, der grüne und der rothe von Elba), zeigten im Polarisationsapparat die farbigen Bilder des Kalkspaths, Berylls u. s. w.; von Circularpolarisation, wie beim Quarz, liefs sich nichts bemerken.

Die Eigenschaft zweier parallel mit der Hauptaxe geschnittenen Platten, senkrecht auf einandergelegt, kein Licht durchzulassen, kommt wenigstens, wie ich mich überzeugt habe, Turmalinen aus beiden grofsen Hauptabtheilungen (dem braunen von Orford und dem grünen von Brasilien) zu.

Der *Pleochroismus* der Turmaline liefs sich an Platten, welche theils senkrecht auf die Hauptaxe, theils parallel derselben geschnitten wurden, oder an letzteren allein mit Hülfe von Haidinger's dichroskopischer Lupe leicht beobachten. Das Folgende enthält die Resultate, wobei *die Farbe der Basis, O*, im oberen Bilde des Dichroskops erscheinend, und *die Farbe der Axe, E*, im unteren, gegenübertreten.

Hauptabtheilung *A.*	*O.*	*E.*
I. Gruppe.		
1. Gelbbrauner Turmalin von Windischkappel	Gelb ins Bräunliche	Gelb
	Beide von gleicher Nüance und Intensität. In der Masse liegen kleine hyazinthrothe prismatische Körper (Zirkon?)	
2. Brauner T. von Orford	Dunkel braungelb, wie eisenoxydhaltiges Glas	Desgl., aber heller

II. Gruppe		
3. Schwarzer T. v. Grönland	Sehr intensiv grünlichblau	Röthlichbraun, wie ein von Nickeloxyd gefärbtes Glas, oder wie Axinit.
4. Schw. T. von Snarum.	Grün	Röthlichbraun
5. Schw. T. von Unity	Blau	Röthlichbraun
III. Gruppe.		
6. Schwarzer T. von Alabaschka.	Hellblau	Röthlichbraun
7. Schw. T. von Saar	Hellblau	Röthlichbraun
8. Schw. T. von Langenbielau.	Dunkelblau	Röthlichbraun
Hauptabtheilung *B.*		
IV. Gruppe.		
9. Blauschwarzer T. von Sarapulsk	Intensivblau, nach dem Rande hin heller. Rother Strich an einzelnen Stellen des Randes	Unrein blafsblau
10. Grüner T. von Elba.	Blafsgrün	Noch heller grün
11. Grüner T. aus Brasilien	Gelbbraun	Oelgrün
12. Grüner T. von Chesterfield.	Dunkelblaugrün	Heller blaugrün
V. Gruppe.		
13. Rother T. von Elba.	Blafsroth	Noch blasser roth

Diese Beobachtungen schliefsen sich an die von Haidinger gemachten und zum Theil veröffentlichten [1]) an. Fast immer ist die Farbenintensität der Basis viel gröfser als die der Axe, und gewöhnlich sind Platten parallel jener vollkommen undurchsichtig, während ebenso dicke parallel der Axe ganz durchsichtig sind. Haidinger sieht die Farben als das Resultat der Mischung von Oxyd- und Oxydulfarben des Eisens und Mangans an, deren jede an und für sich constant ist, die aber als färbende Materie in den kleinsten Theilchen des Krystalls anders gelagert ist. In der ersten Gruppe, deren Glieder nur Eisenoxyd enthalten, ist dessen Farbe allerdings, und kein Dichroismus vorhanden, während in der zweiten und dritten Gruppe

1) Ueber den Pleochroismus der Krystalle. Abh. d. K. Böhm. Ges. d. Wissensch. Prag 1845. Auch diese Ann. Bd. 65, S. 1.

ein solcher bei einem Gehalt an beiden Oxyden des Eisens stattfindet. In der vierten, welche gleichfalls Fe und Ḟe enthält, gleichzeitig aber beträchtlich Mangan, kann man leider nicht ausmitteln, auf welcher Oxydationsstufe letzteres steht, wiewohl die oben mitgetheilte Berechnung der Sauerstoffproportionen auf die Gegenwart von Mn und Mn̈ hinzudeuten scheint. In der fünften Gruppe ist kein Eisen, nur Mangan, und wohl gewifs als Oxyd, und auch kein Dichroismus.

Vergleichende Untersuchung von Turmalin und Glimmer von dem nämlichen Fundort.

Turmalin und *Glimmer* stehen in einer merkwürdigen Beziehung zu einander. Blum und Bischof haben eine ganze Reihe von Beobachtungen zusammengestellt, aus denen sich zu ergeben scheint, dafs der Turmalin eine Umwandlung in Glimmer erleidet. Dieser Ansicht mufs ich nach Allem, was ich bei meinen Untersuchungen am Turmalin beobachten konnte, vollkommen beitreten. Wo äufsere Merkmale eine solche Veränderung andeuten, wo die Masse mürbe, weich wird, die Flächen rauh, drusig zerfressen erscheinen, Glanz und Durchsichtigkeit sich verlieren, da bemerkt man stets das Auftreten von Glimmerblättchen. Dieses Mineral scheint ein Umwandlungsproduct von Feldspath, Cordierit, Turmalin, Skapolith, Andalusit und vielleicht noch anderen zu seyn.

Da bisher wohl noch nicht eine vergleichende Untersuchung von Turmalin und dem ihn begleitenden Glimmer gemacht worden ist, so will ich eine, wenn auch aus Mangel an Material nicht vollständige Analyse eines schwarzen Turmalins, und eines mit ihm verwachsenen weifsen Glimmers, von unbekanntem Fundorte, hier anführen, welche auf G. Bischof's Veranlassung von mir unternommen wurde.

Der Turmalin war nicht sehr hart; spec. Gew. =3,057. Der Glimmer hatte ein spec. Gewicht =2,831.

	Turmalin.		Glimmer.
Kieselsäure	36,70		48,78
Thonerde	35,35		32,36
Eisenoxyd	11,25		3,06
Talkerde	4,56		1,28
Kalkerde	0,75		0,29
Glühverlust	0,30	Kali	10,25
Alkali		Natron	1,55
Borsäure	11,09	Wasser	2,43
Fluor			100.
	100.		

Der Turmalin gehört hiernach wahrscheinlich zur dritten Gruppe, zu den Eisen-Turmalinen. Der Glimmer ist ein Kali-Glimmer, der Formel $(\dot{R}\,\ddot{S}i + 2\,\ddot{A}l\,\ddot{S}i) + \dot{H}$ ziemlich entsprechend.

Schon früher wurde erwähnt, dafs der rothe Turmalin von Rozena in Mähren ohne Zweifel schon in einer Umwandlung begriffen sey, daher seine Zusammensetzung von der der übrigen rothen Turmaline abweicht. Ich habe zur Vergleichung den begleitenden *Lepidolith* einer Analyse unterworfen, nachdem diefs schon früher durch Klaproth, C. Gmelin und Kralowansky geschehen war.

Sein spec Gewicht ist = 2,848. Zerrieben, und bei 130° getrocknet, schmilzt er schon theilweise über der Lampe, vollständig im Ofen zu einer blafsrothen durchscheinenden harten Masse, und verliert dabei (nach zwei Versuchen) 1,13 — 1,88 Proc.

a. Analyse mit kohlensaurem Natron.
b. Fluorbestimmung nach H. Rose.
c. Analyse mit Fluorwasserstoffsäure.

	a.	*b.*	*c.*
Fluor		7,12	
Phosphorsäure	0,16		
Kieselsäure	51,70		
Thonerde	27,92		25,60
Manganoxyd	1,96		0,75

Talkerde	0,25	0,33
Kalkerde	0,79	0,24
Kali		10,29
Natron		1,15
Lithion		1,28.

Beim Schmelzen des Glimmers geht offenbar Fluorkiesel fort, denn der Fluorgehalt des geschmolzenen fand sich in zwei Versuchen = 6,61 und 6,73 Proc., die Kieselsäure = 50,85 Proc.

Stellt man nun den Turmalin und den Lepidolith, letzteren nach obigen Bestimmungen, einander gegenüber, so hat man:

	Turmalin.	Lepidolith.
Fluor	2,70	7,12
Phosphorsäure	0,22	0,16
Kieselsäure	41,16	51,70
Borsäure	8,56	—
Thonerde	41,83	26,76
Manganoxyd	0,97	1,29
Talkerde	0,61	0,24
Kalkerde	—	0,40
Kali	2,17	10,29
Natron	1,37	1,15
Lithion	0,41	1,27
	100.	100,38.

Ueber den Vorgang bei der Verwandlung von Turmalin in Glimmer geben diese Zahlen keinen Aufschluſs, wenn es auch ersichtlich ist, daſs die Borsäure ganz, die Thonerde (und das Eisenoxyd) theilweise fortgenommen sind, da das veränderte Verhältniſs zwischen Kieselsäure und Kali zeigt, daſs entweder auch von jener eine gewisse Menge fortging, oder von diesem etwas hinzukam. Aehnlich verhält es sich mit dem Fluor.

Zusammensetzung der Feldspath- und Glimmerarten.

Die am Turmalin gemachte Erfahrung, daſs Silicate verschiedenen Sättigungsgrades, in verschiedenen Verhältnissen verbunden, isomorph sind, d. h. gleiche oder doch fast

gleiche Formen haben, scheint sich bei den wichtigsten und verbreitetsten Mineralien, dem *Feldspath* und *Glimmer*, zu wiederholen. Es mag erlaubt seyn, diese Ansicht hier zu entwickeln, und so den Zusammenhang zwischen Form und Mischung von einem allgemeineren Gesichtspunkte aus zu betrachten, als dieſs vielleicht bisher geschehen ist.

Feldspath (Orthoklas), *Albit* (Periklin), *Oligoklas*, *Labrador* und *Anorthit* zeigen in ihren Eigenschaften und ihrem Vorkommen die gröſsten Analogieen, ihre Formen differiren kaum mehr als die von anerkannt isomorphen Verbindungen. Aber ihre Zusammensetzung ist nicht analog, denn wenn auch die Aeq. der starken Basen und der Thonerde bei allen gleich sind, so variirt doch die Kieselsäure in dem Verhältniſs von 4 : 6 : 9 : 12, und nur Orthoklas und Albit sind gleich zusammengesetzt.

Folgende Tabelle enthält neben den Winkeln der Haupt-Spaltungsrichtungen die übrigen hier in Betracht kommenden Werthe:

		Spec. Gew.	Atg.	Atomvolume.
Orthoklas	90°	2,57	3541,5	1378
Albit	93° 50′	2,61	3342,5	1280
Oligoklas	93° 45′	2,67	2755,3	1032
Labrador	93° 28′	2,71	2158,3	796
Anorthit	94° 12′	2,76	5291,0	1917.

Die Atomvolume stehen in dem Verhältniſs von 1,7 : 1,6 : 1,3 : 1 : 2,4. Wenn dieſs nicht ein ganz einfaches ist, so muſs man bedenken, das eigentlich die einzelnen Varietäten zu berechnen wären, während hier die spec. Gew. im Mittel genommen sind, und bei den Atg. im Orthoklas nur Kali, im Albit nur Natron, im Anorthit nur Kalk, im Oligoklas und Labrador aber $\frac{1}{4}$ Kalk gegen $\frac{3}{4}$ Natron in Rechnung gebracht wurden, was bekanntlich nicht ganz richtig ist.

Immerhin bleibt es für jetzt eine Vermuthung, daſs die Atomvolume dieser Verbindungen in dem Verhältniſs von 18 : 18 : 12 : 12 : 24 = $1\frac{1}{2}$: 1 : 2 stehen, oder daſs der Be-

griff *Feldspath* dieselbe Bedeutung habe wie *Turmalin*, aber hoffen läfst sich, dafs zahlreiche und genaue Untersuchungen diese Vermuthung begründen werden.

Glimmer. Bei der Seltenheit mefsbarer Krystalle ist es schwer, über die Formen der Glimmer im Allgemeinen zu urtheilen. Ihre chemische Zusammensetzung ist dabei so verschieden, dafs allgemeine Ausdrücke bisher vergeblich gesucht wurden. Allein wir haben zahlreiche und genaue Analysen, und mit ihrer Hülfe gelingt es, wenigstens einen grofsen Theil des Materials zu ordnen.

Eine beträchtliche Anzahl von Glimmern, von vorherrschend weifser Farbe enthält von Alkalien nur Kali, und wenig oder keine Talkerde. Wir wollen sie *Kaliglimmer* nennen. Durch eine Berechnung der zuverlässigsten Analysen habe ich kürzlich schon zu zeigen gesucht [1]), dafs das Sauerstoffverhältnifs von $\dot{R}$, $\ddot{R}$ und $\ddot{S}i$ ist.

1) = 1:6:9 bei dem mit Turmalin vorkommenden Glimmer, dessen Analyse im Vorhergehenden mitgetheilt wurde.

2) = 1:9:12 bei dem Glimmer von Zsidovacz in Ungarn nach Kussin.

3) = 1:12:15 bei dem Glimmer von Utö, Broddbo Fahlun, Kimito und Ochotzk nach H. Rose.

Die daraus abgeleiteten Formeln würden seyn:

$$1 = \dot{K}\,\ddot{S}i + 2\,\ddot{A}l\,\ddot{S}i$$
$$2 = \dot{K}\,\ddot{S}i + 3\,\ddot{A}l\,\ddot{S}i$$
$$3 = \dot{K}\,\ddot{S}i + 4\,\ddot{A}l\,\ddot{S}i.$$

Ebenso suchte ich nachzuweisen, dafs die Reihe der *Lithionglimmer* dieselben Silicate enthält. Denn es ist jenes Verhältnifs hier:

4) = 1:3:6 in der Mehrzahl der Fälle. Es gehören hierher die Varietäten vom Ural und von Utö nach Turner, von Chursdorf nach C. Gmelin, von Altenberg nach Stein, und von Zinnwald nach Stein's und meiner Analyse.

1) IV. Supplem. zu meinem Handwörterb. der chem. Min.

Was den Glimmer von Zinnwald betrifft, so ist derselbe schon oft untersucht worden, obwohl mit abweichenden Resultaten. Man vergleiche nur die Analysen von Klaproth, C. Gmelin, Turner und Lohmeyer, namentlich in den Mengen der Kieselsäure, Thonerde, des Kalis und Fluors. Der zuletzt Genannte hatte $1\frac{1}{2}$ Proc. Verlust anstatt des nothwendigen Ueberschusses, den die Analyse geben mufs.

1. Stein untersuchte [1]) einen Lithionglimmer von der Peterszeche bei Zinnwald, in warzenförmig zusammengehäuften silberweifsen Blättchen. Er schmilzt in der Glühhitze zu einer grünschwarzen lavaartigen Masse.

2. Ich habe eine grofsblättrige mit Quarz gemengte Varietät analysirt, und darin die Oxydationsstufen des Eisens, so wie den Fluorgehalt (auch im geschmolzenen Glimmer) nach der Methode von H. Rose bestimmmt.

a. Analyse mit kohlensaurem Natron.
b. Desgleichen.
c. Mit Fluorwasserstoffsäure.
d. Geschmolzener Glimmer.
e. Bestimmung des Eisenoxyduls mit Goldchlorid.

	a.	*b.*	*c.*	*d.*	*e*
Fluor		7,47		7,25	
Phosphorsäure	0,13				
Kieselsäure	48,06 [2])	44,98		44,31	
Thonerde	22,88		21,13	21,41	
Eisenoxyd	12,04		12,25	12,69	Fe 6,8
Manganoxydul	2,09		1,89	1,22	
Talkerde	0,50		0,38 u. Mn	1,68	
Kali			9,09		
Natron			0,39		
Lithion			1,27		

1) Polytechn. Centralblatt. 1847 No. 23.
2) Die Probe war nicht ganz frei von Quarztheilchen.

Hiernach ist die Zusammensetzung:

	1. Stein.	2. R.	Sauerstoff.	
Fluor	8,16	7,47		
Phosphorsäure	—	0,13		
Kieselsäure	48,65	46,52		24,17
Thonerde	17,67	21,81	10,18	11,61
Eisenoxyd		4,78	1,43	
Eisenoxydul	14,57	6,80	1,51	4,46
Manganoxydul	1,24	1,96	0,44	
Talkerde	0,53	0,44	0,17	
Kali	8,60	9,09	1,54	
Natron	0,71	0,39	0,10	
Lithion	2,41	1,27	0,70	
	102,54.	100,66.		

Die früheren Analysen erlauben wegen der Oxydationsstufen des Eisens keine sichere Beobachtung.

5) $= 1:2:5$ in dem Glimmer von Juschakowa nach Rosales.

6) $= 1:4\frac{1}{2}:9$ in dem von Rozena nach meiner Analyse.

Die entsprechenden Ausdrücke würden seyn.

$$4 = \dot{R}\,\ddot{S}i + \dddot{R}\,\ddot{S}i$$
$$5 = 3\dot{R}\,\ddot{S}i + 2\dddot{R}\,\ddot{S}i$$
$$6 = \dot{R}^2\ddot{S}i^3 + 3\dddot{R}\,\ddot{S}i$$

aber das erste Glied der letzten Formel ist vielleicht $2\dot{R}\,\ddot{S}i$, da ich bei dem Pulvern dieses Glimmers Quarzkörner bemerkte, die zwischen den feinen Blättchen liegen, und die unmöglich entfernt werden konnten.

Nach allen Diesem scheint es wirklich, als seyen die Kali- und Lithionglimmer Verbindungen von Singulo- und Trisilicaten, $m\dot{R}\,\ddot{S}i + n\dddot{R}\,\ddot{S}i$ [1]). Alle sind mehr oder minder reich an Fluor, besonders die Lithionglimmer, und auch hier kann man sich die beim Turmalin erwähnte Vorstellung von seiner Verbindungsweise machen, so dafs z. B.

1) m ist $= 1$ in den Gruppen 1, 2, 3 und 4; $= 2$ in 6; $= 3$ in 5; n $= 1$ in 4; $= 2$ in 1 und 5; $= 3$ in 2 und 6; $= 4$ in 3.

in der Gruppe No. 4 ein Doppelfluorür ($\dot{R}\,Fl + Si\,Fl^3$) + ($\dot{R}\,Fl^3 + Si\,Fl^3$) enthalten ist, u. s. f. Auf 1 At. der Fluorverbindung kommen in den Lithionglimmern 12 — 20, in den Kaliglimmern aber noch viel mehr At. des Silicats.

Zugleich ergiebt sich, dafs die Zusammensetzung von 2) analog der der grünen und blauen Turmaline, die von 3) oder der Mehrzahl der Kaliglimmer aber analog der der rothen Turmaline ist.

Eine Berechnung der (grünen und braunen) *Magnesia-Glimmer* ist für jetzt sehr unsicher, denn es mufs ermittelt werden, ob und in welchem Verhältnifs Eisenoxydul und Oxyd vorhanden sind. Nimmt man blofs letzteres an, so ergiebt sich allerdings für zwei Drittel der von mir berechneten Analysen, nämlich für die Glimmer vom Vesuv, vom Baikalsee, von Bodenmais, Monroe, Karosulik und Miask das Sauerstoffverhältnifs von 1 : 1 : 2, oder die Granatformel $\dot{R}^3\,\ddot{S}i + \dot{R}\,\ddot{S}i$, also ganz verschieden von den Kali- und Lithionglimmern.

Ebenso wenig kann man den Wassergehalt, den viele Glimmer zeigen, richtig deuten. Schon der Umstand, dafs er oft fehlt, spricht dafür, dafs er nicht wesentlich seyn kann, und vielleicht erst später hinzugekommen ist. Auch ist es schwer zu sagen, wieviel davon hygroskopisches Wasser ist, das eine Substanz von der Structur des Glimmers wohl reichlicher als manche andere enthält, und worin auch wohl nicht selten noch etwas Fluorkiesel enthalten seyn mag, der beim Glühen ausgetrieben wurde.

Schliefslich die Bemerkung, dafs ich die Isomorphie von *Augit* und *Hornblende*, d. h. die von Trisilicaten und Bisilicaten, wie im Turmalin, bereits früher zu erklären versuchte [1]).

1) IV. Supplem. S. 104.

II. *Anziehende Wirkung der Elektromagnete; von Julius Dub.*

(Schlufs aus Bd. LXXX. d. Ann.)

2.

Welchen Einfluſs hat die Verlängerung oder Verkürzung einer Spirale, ohne daſs die Anzahl der Windungen verändert wird?

Diese Frage fällt zusammen mit der: ***Ist es vortheilhaft für die Anziehung, ob die Spirale über den ganzen Eisenkern verbreitet ist, oder ob sie an dem Ende der Berührungsfläche aufgehäuft ist?***

Zur experimentellen Antwort auf diese Frage gebrauchte ich eigentlich eine Menge Spiralen, welche alle dieselbe Anzahl der Windungen haben, jedoch über verschiedene Längen des Eisenkerns ausgebreitet sind. Solche standen mir aber nicht zu Gebot. Nun sagt aber Lentz und Jacoby, daſs der *Magnetismus* sich verhalte wie die Windungen mit dem Strom multiplicirt. Hieraus folgt dann, daſs mit Vermehrung der Windungsanzahl und der verhältniſsmäſsigen Verringerung des Stromes derselbe Magnetismus bliebe. Ob jedoch dieser Satz in Bezug auf die Anziehung wahr sey, glaubte ich schon deshalb untersuchen zu müssen, weil ja, nach Jacoby selbst, die *Anziehung* sich verhält wie die *Quadrate* der Ströme und doch dann nicht einzusehen war, wie eine einfache Verhältniſsmäſsigkeit mit der Windungsanzahl bestehen könne und zugleich jener Satz wahr wäre. Dieſs führte mich zu obiger Untersuchung über die Wirkung verschiedener Anzahl Windungen, bei der ich dann die Proportionalität mit dem Quadrate derselben fand. Daraus konnte ich nun allerdings auf die Richtigkeit des fraglichen Satzes *a priori* schlieſsen und die Untersuchung ergab als Resultat die genaueste Uebereinstimmung. Ich nahm die vorn beschrie-

› Spirale mit den nebeneinander laufenden Drähten, te erst den Strom von $27\frac{1}{2}°$ durch einen Draht und ıetisirte damit den 12″ langen 1″ dicken Magneten, ıher den 6″ langen 1″ dicken Anker anzog. Darauf te ich den Strom durch beide Drähte nach einander der halben Stromstärke = 14° 34′. Ich erhielt folgende ıen:

. **Anziehung des 12″ langen 1″ dicken Magneten auf den 6″ ;en 1″ dicken Anker bei verschiedener Windungszahl und verschiedener Stromstärke.**

	Einfache Spirale doppelter Strom $27\frac{1}{2}°$.	Doppelte Spirale einfacher Strom 14°34′.
Berührung	3,1 Pfd.	3,1 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	0,98 »	0,98 »
$\frac{1}{2}$ »	0,82 »	0,83 »
$\frac{3}{4}$ »	0,7 »	0,68 »
1 »	0,57 »	0,57 »
2 »	0,34 »	0,34 »
3 »	0,23 »	0,23 »
4 »	0,15 »	0,16 »
5 »	0,13 »	0,13 »
6 »	0,105 »	0,11 »
7 »	0,08 »	0,083 »
8 »	0,07 »	0,07 »
9 »	0,06 »	0,062 »

ıo ergiebt sich aus diesen Reihen:

‚*Die Anziehung verhält sich wie die Stromstärken mit Anzahl der Windungen multiplicirt.*“

Nachdem dieser Satz feststand, war es mir leicht, die rderte Wirkung, welche eine in kürzerer oder länge- Ausdehnung gewickelte Spirale hat, hervorzubringen. ch wählte einen 18″ langen 1″ dicken Eisencylinder steckte auf diesen 9 von meinen Hülsen, deren jede lang ist. Dadurch war der 18″ lange Eisencylinder, lie Ränder der Hülsen auch etwas auftragen, $16\frac{1}{2}$″ lang der galvanischen Spirale bedeckt und stand mithin $\frac{3}{4}$″

auf jeder Seite aus der Spirale heraus. Nachdem ich die Anziehung in dieser Weise geprüft, wurde eine dieser Hülsen entfernt und die übrigen 8 wieder so nahe als vorher an die Berührungsfläche gerückt. So fuhr ich fort bis auf eine Spiraleinheit. Die Ströme nun, welche ich anwandte, waren so berechnet, dafs 6 Hülsen eine Ablenkung von 20° gaben, um erforderlichen Falls auch Vergleiche mit manchen früheren Versuchen, wo gewöhnlich 6 Hülsen bei 20° Ablenkung angewandt waren, machen zu können.

Die jeder Anzahl der Hülsen entsprechenden Stromstärken sind folgende:

504	Wind.	= 9	Hülsen	= 13° 38′	Ablenk.	a.	d.	Tangentenb.
472	»	= 8	»	= 15° 16′	»	»		»
392	»	= 7	»	= 17° 19′	»	»		»
336	»	= 6	»	= 20°	»	»		»
280	»	= 5	»	= 23° 36′	»	»		»
224	»	= 4	»	= 28° 38′	»	»		»
168	»	= 3	»	= 36° 3′	»	»		»
112	»	= 2	»	= 47° 27′	»	»		»
56	»	= 1	»	= 65° 24′	»	»		»

XXIII. Anziehung des 18″ langen 1″ dicken Magneten auf den 6″ langen 1″ dicken Anker, wenn die Zahl der Windungen verringert und so Strom in demselben Maafse verstärkt wird.

	9 Spir.	8 Spir.	7 Spir.	6 Spir.	5 Spir.	4 Spir.	3 Spir.	2 Spir.	1 Spir.
Ber.	3,6 Pf.	4,2 Pf.	4,8 Pf.	5,2 Pf.	5,7 Pf.	6,3 Pf.	6,9 Pf.	7,6 Pf.	6,6 Pf.
¼ Umdr.	1,12	1,45	1,6	1,7	2	2,5	2,75	3,1	2,4
½ »	0,92	1,15	1,3	1,45	1,62	1	2,2	2,3	1
¾ »	0,8	1	1,1	1,15	1,4	1,6	1,75	1,82	1,75
1 »	0,69	0,85	0,95	1,05	1,2	1,4	1,55	1,6	1,5
2 »	0,45	0,52	0,6	0,65	0,74	0,9	1	1,2.	1
3 »	0,31	0,34	0,39	0,44	0,52	0,6	0,65	0,72	0,65
4 »	0,23	0,26	0,3	0,34	0,4	0,47	0,5	0,55	0,45
5 »	0,18	0,2	0,24	0,26	0,3	0,35	0,39	0,41	0,36
9 »	0,09	0,1	0,12	0,13	0,15	0,18	0,19	0,2	0,17

Wenn ich früher darauf hingewiesen habe, welche mögliche Fehlerquellen vorhanden sind, so sey mir auch jetzt erlaubt, darauf aufmerksam zu machen, welche Garantie für die Zuverlässigkeit der Versuche überhaupt diese Reihen

hen bieten. Bei jeder folgenden Reihe wird das galvanische Verhältnifs um Gleiches geändert, und bei jeder Reihe nimmt die Anziehung fast genau um Gleiches zu, bis auf die letzte. Für die Zuverlässigkeit der Versuche spricht besonders der Umstand, dafs durch alle Reihen bei 9 Umdrehungen der Schrauben, d. h. bei $\frac{1}{5}''$ Entfernung, die Hälfte der Anziehung ist von der bei 5 Umdrehungen, d. h. bei $\frac{1}{9}''$ Entfernung.

Diese Versuche geben also Reihen, welche gleich sind solchen, wo dieselbe Anzahl der Windungen auf einen immer kleineren Raum zusammengeschoben sind. Aber sie geben diese Versuche gleichsam ideal, da ich in der Wirklichkeit die Windungen *über* einander legen mufs, welche hier *in* einander fallen; auch bedurfte es wohl nicht des Versuchs mit der Spirale, um zu wissen, dafs eine Gränze eintreten müsse. Uebrigens bin ich überzeugt, dafs, wenn *wirklich* eine solche Anzahl Windungen, wie sie hier nur durch die Stromstärke ersetzt ist, über einander gehäuft wird, das Maximum noch eher eintreten werde als hier.

Aus diesen Versuchen folgt also nun:

„Die Anziehung wächst bis zu einer gewissen Gränze, sowohl in Berührung als in jeder beliebigen Entfernung bei Verringerung der Spiralwindungen und verhältnifsmäfsiger Zunahme der Stromstärke, wenn die Windungen immer in derselben Entfernung von der Berührungsfläche bleiben.

Und da wir wissen, dafs die Anziehung dieselbe bleibt, wenn das Product aus Stromstärke und Windungszahl dasselbe ist, so folgt daraus:

„Die Anziehung ist, bei sonst gleichen Verhältnissen, um so gröfser, je näher alle Windungen an der Berührungsfläche aufgehäuft sind.

3.

Welchen Einfluſs hat die Verlängerung des Eisenkerns?

Ich habe schon in meiner früheren Abhandlung nachgewiesen, dafs durch die Verlängerung des Eisenkerns bei

sonst gleichen Umständen die Anziehung in Berührung vergrößert wird [1]). Ich zweifelte nicht daran, daß dieß auch in Entfernung stattfände und stelle zur Bestätigung hier nur die Anziehung des 18″ langen 1″ dicken Magneten mit der des 12″ langen zusammen, wenn die aus 6 Hülsen bestehende Spirale bei beiden gleich weit von der Berührungsfläche entfernt ist:

XXIV. Anziehung der 12″ und 18″ langen Magnete von 1″ Durchmesauf den 6″ langen 1″ dicken Anker bei einer Umwicklung desselben von 336 Windungen. Strom 20°.

	Magnet 12″ lang.	Magnet 18″ lang.
Berührung	3,27 Pfd.	5,2 Pfd.
¼ Umdr.	1,1 »	1,7 »
½ »	0,9 »	1,45 »
¾ »	0,71 »	1,15 »
1 »	0,6 »	1,05 »
2 »	0,38 »	0,65 »
3 »	0,27 »	0,44 »
4 »	0,19 »	0,34 »
5 »	0,15 »	0,26 »
9 »	0,07 »	0,13 »

Die Vergrößerung der Anziehung ist nicht unbedeutend, ich kann also dem von HH. Lentz und Jacoby aufgestellten Satz, „daß der Magnetismus nicht durch die Länge der Eisenstangen an sich, sondern *allein* durch die Anzahl der elektro-magnetischen Spiralen bedingt ist“ [2]), in sofern nicht beistimmen, als wieder unter Magnetismus Anziehung verstanden würde, sondern muß behaupten:

„Bei sonst gleichen Verhältnissen wächst die Anziehung in Berührung wie in Entfernung mit der Länge der Eisenkerne“.

Es muß natürlich auch hier, wie bei den Ankern, denn dieß ist der ganz analoge Fall, ein Maximum eintreten, welches um so ferner liegt, je dicker die Einsenkerne sind.

1) Pogg. Ann. Bd. 74, S. 493.
2) Pogg. Ann. Bd. 61, S. 464.

4.

Welchen Einfluſs hat die Verlängerung des ganzen Magneten, d. h. des Eisenkerns mit der Spirale?

Es treten hier wieder zwei Fälle auf, daſs man nämlich unter Verlängerung der Spirale versteht, die Anzahl der Windungen werde vermehrt, oder dieselbe Windungszahl werde über einen längern Eisenkern so ausgebreitet, daſs die Windungen weiter auseinander liegen.

Wir haben gesehen, daſs die Anziehung sich mit dem Quadrate der Windungszahl vergröſsert, wir haben ferner gesehen, daſs die Anziehung ebenfalls durch einen längeren Eisenkern vergröſsert wird, woraus denn ganz natürlich folgt, daſs bei der Wirkung beider Umstände, die Anziehung sich um so mehr vergröſsern müsse. Hiermit ist denn der erste Punkt erledigt. Es fragt sich nur, was stattfinde, wenn bei einem längeren Eisenkern dieselbe Anzahl der Windungen auf diese gröſsere Länge ausgedehnt wird? Wir wissen nämlich, daſs bei gleichem Eisenkern durch die gröſsere Ausdehnung der Spirale die Anziehung *verringert* wird, daſs hingegen durch die Ausdehnung des Eisenkerns die Anziehung sich vermehrt. So ist es möglich, daſs entweder Gleichheit eintritt, oder daſs eins der beiden entgegengesetzten Effecte überwiegt.

Um dieſs zu untersuchen habe ich wiederum obigen Satz über das Verhältniſs des Stroms zur Anzahl der Windungen angewandt. Ich habe 4 Magnete von 1″ Dicke 9″, 12″, 18″ und 24″ Länge mit 4, 6, 9 und 12 Spiraleinheiten (jede 56 Windungen) umgeben, und da hindurch Ströme geleitet, die die Bussole auf 28° 38′, 20°, 13° 38′ und 10° 18′ ablenkte. Auch hier giebt die Anzahl der Windungen, mit der Tangente der Ströme multiplicirt, dieselbe Zahl. Ich erhielt folgende Resultate:

XXV. Anziehung der 1″ dicken 9″, 12″, 18″, und 24″ langen Magnete auf den 6″ langen 1″ dicken Anker, wenn jene ihrer ganzen Länge nach mit derselben Spirale bedeckt sind.

	Magn. 9″ lang.	Magn. 12″ lang.	Magn. 18″ lang.	Magn. 24″ lang.
Berühr.	2,6 Pfd.	3,27 Pfd.	3,6 Pfd.	3,8 Pfd.
¼ Umdr.	0,82 »	1,1 »	1,12 »	1,3 »
½ »	0,67 »	0,9 »	0,92 »	1,03 »
¾ »	0,55 »	0,71 »	0,8 »	0,88 »
1 »	0,49 »	0,6 »	0,69 »	0,82 »
2 »	0,3 »	0,38 »	0,45 »	0,5 »
3 »	0,21 »	0,27 »	0,31 »	0,32 »
4 »	0,15 »	0,19 »	0,23 »	0,24 »
5 »	0,12 »	0,15 »	0,18 »	0,19 »
9 »	0,054 »	0,07 »	0,09 »	0,096 »

Wir sehen aus diesen Reihen, dafs zwar eine Zunahme der Anziehung stattfindet, wenn dieselbe Anzahl Windungen auf eine gröfsere Eisenmasse vertheilt wird; allein diese Zunahme ist um so geringer, je länger der Magnet wird.

Es findet sich hier wieder eine Analogie mit den Ankern. Auch dort habe ich gezeigt, dafs mit der Zunahme der Länge auch die Anziehung zunimmt, dafs aber diese Zunahme ein Maximum erreicht, und dafs eine allmälige Annährung an das Maximum stattfindet, wie wir das hier sehen.

Es ergiebt sich also auch hieraus für die Praxis, „*dafs es unter jeder Bedingung vortheilhaft ist, die Spirale an das Ende des Magneten zu bringen*“. Die Anziehung in Berührung wie in Entfernung ist dann gröfser.

Magnete von gleichem Gewicht.

Die bisherigen Versuche haben uns gezeigt, dafs bei gleicher Länge die dicksten Magneten und bei gleicher Dicke die längsten Magneten unter sonst gleichen Verhältnissen in Entfernung am meisten ziehen. Lasse ich nun Dicke und Länge zugleich variiren, und zwar im umgekehrten Sinne, so mufs für eine bestimmte Form eines Magneten ein anderer von gröfserer Länge und geringerer Dicke, oder

geringerer Länge und gröfserer Dicke sich finden, welcher dasselbe anzieht. Da nun ferner bei den Ankern sich zeigt, dafs solche von gleicher Masse, von geringer Entfernung ab, gleich viel ziehen, so läfst sich aus diesen Gründen wohl mit einiger Wahrscheinlichkeit vermuthen, dafs Magnete von gleicher Masse, unter sonst gleichen Verhältnissen, gleiche Anziehung zeigen werden.

Um diesen Satz zu prüfen nahm ich von den Eisenstäben, welche ich früher zu Ankern benutzt hatte, und welche von gleicher Schwere waren, den $5\frac{1}{4}$″ und den 16″ langen. Auf den ersteren steckte ich 2 meiner Spiralen (112 Windungen) und leitete einen Strom 35° hindurch. Darauf steckte ich in dieselben beiden Spiralen den 16″ langen Eisenstab, so dafs dieser etwas über 6″ auf jeder Seite hervorstand. Ich erhielt folgende Resultate:

XXVI. Anziehung der Magnete von gleichem Gewicht und der Länge $5\frac{1}{4}$″ und 16″ auf den 6″ langen $\frac{1}{2}$″ dicken Anker bei derselben Spirale und 35° Stromstärke.

	Magn. $5\frac{1}{4}$″ lang.	Magn. 16″ lang.	Spirale genähert.
Berührung	2,15 Pfd.	1,35 Pfd.	2,2 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	0,6 »	0,29 »	0,6 »
$\frac{1}{2}$ »	0,36 »	0,19 »	0,38 »
$\frac{3}{4}$ »	0,25 »	0,15 »	0,28 »
1 »	0,2 »	0,14 »	0,22 »
2 »	0,1 »	0,072 »	0,1 »
3 »	0,07 »	0,05 »	0,07 »
4 »	0,053 »	0,036 »	0,05 »
5 »	0,038 »		0,036 »

Die beiden ersten Reihen geben ein Resultat, welches den Erwartungen nicht entspricht. Allein es war auch von vorn herein nicht recht wahrscheinlich, dafs dieselbe Spirale, so weit von der Berührungsfläche entfernt, das erwartete Resultat geben würde. Ich rückte jetzt die Spirale soviel näher, dafs ich in Berührung dieselbe Anziehung hatte. Es mufs bemerkt werden, dafs ich sie nur wenig zu nähern brauchte. Darauf erhielt ich die Reihe, welche

überschrieben ist: „Spirale genähert“. Es war Anfangs etwas mehr und zuletzt um Geringes weniger, was wohl vernachlässigt werden dürfte. Allein diefs Resultat war für den vorliegenden Fall von geringem Nutzen, denn wenn die Spirale erst eine bestimmte Stellung erhalten mufs, um ebensoviel mit einem andern Eisenkern zu ziehen, so führt das zu keinem einfachen Gesetz. Nun haben aber Versuche gezeigt, dafs ein längerer Magnet nur wenig mehr zieht, wenn er seiner ganzen Länge nach mit derselben Spirale bedeckt ist, ferner zeigte der jetzige, dafs ich die Spirale nur wenig zu nähern hatte, um dieselbe Anziehung zu erhalten. Diefs machte wahrscheinlich, dafs die Anziehung sich gleichstellen werde, wenn beide Magnete die Spirale auf ihrer ganzen Länge vertheilt hätten. Ich traf diese Einrichtung, indem ich wieder, wie früher, den Strom in demselben Maafse verringerte als die Anzahl der Windungen wuchs, und nun erhielt ich das gewünschte Resultat nicht allein mit obigen Magneten, sondern auch mit allen andern, die ich anwandte.

Der Magnet von $5\frac{1}{4}$″ Länge hat einen Durchmesser von $\frac{7}{8}$″. Die folgenden nehmen im umgekehrten Verhältnifs der Länge ab.

XXVII. Anziehung der Magnete von gleicher Masse auf den 6″ langen 1″ dicken Anker.

	Magnet $5\frac{1}{4}$″ 112 Wind. 35°.	Magnet $7\frac{1}{3}$″ 168 Wind. 25°.	Magnet $8\frac{1}{2}$″ 224 Wind. 19° 18′.	Magnet $12\frac{3}{4}$ 336 Wind. 13° 8′.	Magnet 16″ 448 Wind. 10°.
Berühr.	0,8 Pfd.	1,1 Pfd.	1,8 Pfd.	2,45 Pfd.	2,7 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	0,33	0,5	0,5	0,64	0,55
$\frac{1}{2}$ „	0,26	0,36	0,39	0,4	0,38
$\frac{3}{4}$ „	0,22	0,3	0,29	0,28	0,28
1 „	0,19	0,24	0,25	0,23	0,22
2 „	0,12	0,13	0,13	0,12	0,11
3 „	0,08	0,09	0,08	0,07	0,07
4 „	0,06	0,065	0,06	0,058	0,05
5 „	0,04	0,05	0,04	0,036	0,033

Vergleichen wir diese Resultate mit einander, so fin-
et sich zwar in Berührung nicht dieselbe Anziehung, al-
in schon bei der Entfernung von $\frac{1}{4}$ Umdrehung, d. h.
$\frac{1}{10}$" ist fast dieselbe Anziehung für alle Magnete. Die
och vorhandenen Ungleichheiten verschwinden bei gröfse-
r Entfernung immer mehr. Ich habe nun Versuchsreihen
igestellt, wo der Anker nur $\frac{1}{2}$" dick ist:

XVIII. Anziehung der Magnete von gleicher Masse auf den 6" langen $\frac{1}{2}$" dicken Anker.

	Magnet $5\frac{1}{4}$".	Magnet $7\frac{1}{3}$".	Magnet $8\frac{1}{2}$".	Magnet $12\frac{3}{4}$".	Magn. 16".
erühr.	2,15 Pfd.	1,75 Pfd.	1,8 Pfd.	2 Pfd.	2,15 Pfd.
Umdr.	0,6	0,5	0,5	0,51	0,5
»	0,36	0,31	0,37	0,32	0,3
»	0,25	0,24	0,24	0,26	0,26
»	0,2	0,19	0,19	0,19	0,2
»	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
»	0,07	0,6	0,062	0,067	0,068
»	0,053	0,45	0,045	0,045	0,045
»	0,038	0,36	0,039	0,04	0,04

Durch diese Versuchsreihen stellt sich die Gleichheit
ch besser heraus, und dafs diese in Berührung nicht
ttfindet, hat hier hauptsächlich darin seinen Grund, dafs
ı die Spiralen nicht so gestellt hatte, dafs sie bei jedem
agneten gleich weit von der Berührungsfläche entfernt
aren. Denn wenn ich auch möglichst den ganzen Mag-
ten mit Spiralen bedeckte, so war diefs doch nicht für
le Fälle in gleicher Weise möglich, da ja die Länge einer
den meiner Spiralen $1\frac{3}{4}$" ist. Ueber den $5\frac{1}{4}$" langen Mag-
ten schob ich also 2 dieser Spiralen, über den $7\frac{1}{3}$ lan-
n 3, über den folgenden 4 etc. und stellte nun die *ganze*
irale so, dafs auf jeder Seite gleich viel vom Magneten
rvorstand. So kam es denn, dafs bei dem einen die
erührungsfläche etwas weiter entfernt war als bei dem
dern, und dem schreibe ich, aufser Versuchsfehlern, die
ngleichheit in Berührung zu. Im Uebrigen läfst sich keine
öfsere Uebereinstimmung wünschen.

Um nun zu sehen, ob sich auch bei stärkeren Magneten dasselbe zeige, nahm ich einen Magneten von 5″ Länge und 1″ Dicke, während den vornstehenden Magneten einer von 4″ Länge und 1″ Dicke entspricht. Mit diesem correspondirt in Bezug auf das Gewicht der Eisenstab von 9″ Länge und $\frac{3}{4}$″ Dicke.

XXIX. Anziehung der Magnete von 5″ und 9″ Länge und gleicher Masse auf den 6″ langen 1″ dicken Anker.

	Magnet 5″ lang 112 Windungen 35°.	Magnet 9″ lang 224 Windungen 19° 18′.
Berührung	1,65 Pfd.	1,65 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	0,37 »	0,39 »
$\frac{1}{2}$ »	0,27 »	0,26 »
$\frac{3}{4}$ »	0,18 »	0,19 »
1 »	0,14 »	0,15 »
2 »	0,075 »	0,08 »
3 »	0,053 »	0,052 »
4 »	0,04 »	0,04 »

Wir finden hier in jeder Beziehung die genaueste Uebereinstimmung. Wegen der Wichtigkeit des Resultats nahm ich noch dickere Magnete. Dem 6″ langen 2″ dicken Eisencylinder entspricht in Bezug auf die Schwere der 24″ lange 1″ dicke. Diese beiden habe ich auf drei verschiedene Anker wirken lassen, den 1″ dicken cylindrischen, den 1″ dicken conischen und den $\frac{1}{2}$″ dicken, alle drei 6″ lang.

XXX. Anziehung der 6zölligen, 1″ und $\frac{1}{2}$″ dicken Anker, so wie des 1″ dicken mit conischer Zuspitzung durch die Magnete von gleicher Masse 6″ lang 2″ dick und 24″ lang 1″ dick.

	Anker 1″ dick		Anker $\frac{1}{2}$″ dick.		Anker conisch.	
	Magn. 6″.	Magn. 24″.	Magn. 6″.	Magn. 24″.	Magn. 6″.	Magn. 24″.
Berühr.	1,4 Pfd.	1,4 Pfd.	2,4 Pfd.	2,4 Pfd.	3,1 Pfd.	3,2 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	0,39	0,43	0,52	0,55	0,83	0,83
$\frac{1}{2}$ »	0,29	0,34	0,35	0,37	0,49	0,5
$\frac{3}{4}$ »	0,22	0,28	0,25	0,27	0,35	0,35
1 »	0,2	0,22	0,18	0,2	0,25	0,26
2 »	0,15	0,16	0,094	0,1	0,12	0,13

	Anker 1″ dick.		Anker ½″ dick.		Anker conisch.	
	Magn. 6″	Magn. 24″.	Magn. 6″.	Magn. 24″.	Magn. 6″.	Magn. 24″.
3 Umdr.	0,098	0,1	0,053	0,068	0,078	0,078
4 »	0,075	0,08	0,04	0,044	0,05	0,05
5 »	0,056	0,06			0,033	0,03
6 »	0,047	0,043				

Alle diese Versuche führen uns zu dem Satze:

„Magnete von gleicher Masse ziehen in Entfernung gleich viel, wenn dieselbe Anzahl der Windungen der elektromagnetischen Spirale den Eisenkern seiner ganzen Länge nach bedeckt.“

Ich mufs hier hinzufügen *„in Entfernung“*, weil bei der Reihe in No. XXVII die Resultate in Berührung ganz verschieden ausfallen. Diefs hat seinen Grund darin, dafs bei jenen Versuchen die Berührungsfläche jedesmal eine andere ist; denn da der Anker einen Zoll dick ist, die Magnete aber immer wie an Länge zu-, so an Dicke abnehmen, so mufs die Berührungsfläche immer kleiner werden.

Berücksichtigen wir diesen Fall, so ergiebt sich überhaupt:

„Magnete von gleichem Gewicht ziehen, unter sonst gleichen Umständen, gleich viel bei gleicher Berührungsfläche; ist diese verschieden, so gilt der Satz erst von geringer Entfernung ab.“

Von den Gesetzen, welchen die Anziehung der Elektromagnete folgte, ist es mir bisjetzt gelungen, diejenigen — oder vielleicht nur einige derselben — zu finden, wo Gleichheit oder ein einfaches Verhältnifs der Anziehung stattfindet. Es ist jedoch nicht unmöglich, von diesen Gesetzen zu allgemeineren zu gelangen, wenn gleich aus den Untersuchungen, welche ich bis jetzt über die Durchmesser der Cylinder angestellt habe, zu schliefsen ist, dafs diese sehr verwickelt seyn mögen.

Ich war zunächst bemüht, noch andere Fälle aufzusuchen, unter denen Gleichheit der Anziehung stattfände und bin dabei zu folgenden Resultaten gelangt.

I.

Unter den vorn angeführten Reihen, fielen mir einige auf, die unter einander verglichen in Berührung wie in Entfernung dasselbe Resultat gaben, obgleich das System von Anker und Magnet in den verschiedenen Fällen ein ganz anderes war. Ich führe diese hier an:

Tabelle XXXI.

	Magn. 12″ lang 1″ dick. Ank. 9″ lang ½″ dick.	Ank. 12″ lang ½″ dick.	M. 12″ l. 1″ d. Ank. 6″ lang ½″ dick.	M. 12″ l. ½″ d. Ank. 7½″ lang.
Berührung	6,8 Pfd.	6,82 Pfd.	4,76 Pfd.	4,7 Pfd.
¼ Umdr.	2,3 »	2,4 »	1,4 »	1,45
½ »	1,3 »	1,4 »	0,92 »	0,82
¾ »	0,92 »	0,9 »	0,65 »	0,7
1 »	0,72 »	0,75 »	0,5 »	0,5
2 »	0,34 »	0,33 »	0,23 »	0,24
3 »	0,18 »	0,19 »	0,15 »	0,16
4 »	0,135 »	0,14 »	0,11 »	0,12
5 »	0,1 »	0,11 »	0,084 »	0,094
6 »	0,08 »	0,09 »	0,072 »	0,075
7 »	0,07 »	0,07 »	0,058 »	0,056
8 »	0,062 »	0,056 »	0,05 »	0,047
9 »			0,04 »	0,039

Ich habe hier in Bezug auf die Länge ganz verschiedene Anker, unter denen drei ½″ der vierte ¾″ Durchmesser haben; dagegen sind bei den ersten dreien die Magnete 1″ dick, bei dem letzten nur ½″. Andere Reihen fand ich, die in Berührung dasselbe zeigen, die sich aber in Entfernung keinesweges so gleich verhielten wie z. B. die Reihe mit dem ⅜″ starken Anker in No. V, dessen Anziehung in Berührung auch 4,7 Pfd. ist. Obige ganz verschiedene Fälle haben das gemeinsam, dafs die Berührungsfläche bei allen gleich grofs ist.

Um nun zu untersuchen, ob in dieser Hinsicht vielleicht eine Gesetzmäfsigkeit statthabe, wählte ich verschiedene Fälle für Anker, Magneten, Spiralen und Stromstärken,

jedoch so, dafs in Berührung immer dieselbe Anziehung war. Ich wählte als Anziehung in Berührung 3 Pfd., weil ich diefs noch ziemlich leicht herstellen konnte, denn es bedurfte dazu in den meisten Fällen nur *eines* groveschen Elements.

Zunächst untersuchte ich 3 Magnete von 12″ Länge und 1″, $\frac{3}{4}$″ und $\frac{1}{2}$″ Durchmesser und liefs sie die Anker von 6″ Länge und 1″ und $\frac{1}{2}$″ Durchmesser anziehen. Mittelst des Widerstandsmessers stellte ich den Strom so, dafs in Berührung die Anziehung jedesmal 3 Pfd. betrug. Da diefs nicht so leicht ist, so können wohl kleine Fehler vorgekommen seyn, von denen abgesehen werden mufs, die jedoch nicht hindern, das Gesetz zu erkennen.

XXXII. Wirkung der Magnete von 12″ Länge und 1″, $\frac{3}{4}$″ und $\frac{1}{2}$″ Dicke auf Entfernung, wenn sie in Berührung die 6″ langen 1″ und $\frac{1}{2}$″ dicken Anker mit 3 Pfd. anziehen.

	Magn. 12″ lang 1″ dick.		M. 12″ lang $\frac{3}{4}$″ dick.		M. 12″ lang $\frac{1}{2}$″ dick.	
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
	Ank. 1″ dick.	A. $\frac{1}{2}$″ dick.	A. 1″ dick.	A. $\frac{1}{2}$″ dick.	A. 1″ dick.	A. $\frac{1}{2}$″ dick.
	Strom 19°.	15°.	18°.	17°.	14°.	16°.
Berühr.	3 Pfd.	3 Pfd.	3 Pfd.	3 Pfd.	3 Pfd.	3 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	0,88	0,75	0,92	0,8	0,75	0,78
$\frac{1}{2}$ »	0,71	0,42	0,65	0,5	0,46	0,5
$\frac{3}{4}$ »	0,6	0,35	0,43	0,39	0,34	0,36
1 »	0,52	0,25	0,35	0,3	0,25	0,3
2 »	0,33	0,13	0,2	0,135	0,13	0,15
3 »	0,23	0,085	0,17	0,087	0,072	0,078
4 »	0,17	0,048	0,11	0,05	0,044	0,056

Ganz analog den vorn aufgeführten Untersuchungen, gebrauchte ich hier die gröfste Stromstärke, wo die Berührungsfläche 1″ Durchmesser hatte, allein in diesem Falle haben wir auch dann in Entfernung bei weitem die gröfste Anziehung. Den schwächsten Strom gebrauchte ich in No. 5 und finde hier durchschnittlich dieselbe Anziehung wie in No. 2, 4 und 6; dagegen sind die beiden andern No. 1 und 3 entschieden ungleich.

Ich nahm nun einen 18" langen Magneten und liefs ihn den 6" langen 1" und $\frac{1}{2}$" dicken Anker anziehen.

XXXIII. Anziehung eines 18" langen 1" dicken Magneten auf 6" lange Anker von 1" und $\frac{1}{2}$" Durchmesser, welche in Berührung mit 3 Pfd. gehalten werden.

	7. Anker 1" dick. Strom 14°.	8. Anker $\frac{1}{2}$" dick. $11\frac{3}{4}$°.
Berührung	3 Pfd.	3 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	0,86	0,77
$\frac{1}{2}$ »	0,72	0,41
$\frac{3}{4}$ »	0,62	0,34
1 »	0,54	0,25
2 »	0,33	0,12
3 »	0,225	0,069
4 »	0,166	0,055
5 »	0,13	
6 »	0,1	

Da verlängerte Eisenkerne gröfsere Anziehung üben, so war es im Voraus gewifs, dafs hier die Stromstärken geringer seyn würden als bei den vorigen Versuchen.

Sehen wir nun auf die Wirkung in Entfernung, so stellt sich Folgendes heraus. Die Magnete No. 2, 4, 5, 6, 8 ziehen alle in gleicher Entfernung gleich viel, ebenso sind No. 1 und 7 gleich, No. 3 steht allein. Alle diese Fälle haben unter einander immer dieselbe Berührungsfläche gemein, wenn sie dasselbe anziehen. Bei den Erstgenannten hat die Berührungsfläche $\frac{1}{2}$" Durchmesser, dadurch, dafs entweder der Anker oder der Magnet nur so dick ist; die in No. 1 und 7 haben eine 1" grofse Berührungsfläche und in No. 3 ist dieselbe von $\frac{3}{4}$" Durchmesser.

Um nun zu untersuchen, ob diefs Gesetz sich auch in allen willkührlich gewählten Fällen bestätige, schien es mir nöthig, noch mehr Versuche anzustellen. Ich liefs zunächst einen Anker von 6" Länge 1" Durchmesser, dessen Ende bis $\frac{1}{2}$" grofse Berührungsfläche conisch zugespitzt ist, so

wie Anker von $\frac{3}{4}$" Durchmesser und 9" und 12" Länge durch den 12" langen 1" dicken Magneten anziehen.

XXXIV. Anziehung des 12" langen 1" dicken Magneten auf den 6" langen 1" dicken conischen, so wie auf die 9" und 12" langen $\frac{3}{4}$" dicken Anker bei 3 Pfd. Anziehung in Berührung.

	Anker 6" lang 1" dick conisch auf $\frac{1}{2}$" zugespitzt. Strom 13°.	Anker 9" lang $\frac{3}{4}$" dick. Strom 16°.	Anker 12" lang $\frac{3}{4}$" dick. Strom 14½°.
Berührung	3 Pfd.	3 Pfd.	3 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	0,79	0,92	0,9
$\frac{1}{2}$ »	0,43	0,68	0,65
$\frac{3}{4}$ »	0,31	0,5	0,48
1 »	0,24	0,39	0,4
2 »	0,115	0,23	0,21
3 »	0,066	0,17	0,16
4 »	0,05	0,11	0,11
5 »		0,087	0,084
6 »		0,072	0,07
7 »		0,056	0,058

Wir sehen hier dieselben Anziehungen wie bei den andern $\frac{1}{2}$" und $\frac{3}{4}$" Berührungsfläche. Besonders verdient es hervorgehoben zu werden, dafs auch der conische Anker dieselbe Anziehung wie die andern mit $\frac{1}{2}$" grofser Berührungsfläche zeigt. Ferner habe ich nun den $1\frac{3}{4}$" dicken Magneten, so wie einen 9" langen 1" starken, den Anker von 6" Länge und $\frac{1}{2}$" Durchmesser anziehen lassen.

Tabelle XXXV.

	Magnet $1\frac{3}{4}$" dick 12" lang. Strom 21°.	Magnet 1" dick 9" lang. Strom 24°.
Berührung	3 Pfd.	3 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	0,78	0,79
$\frac{1}{2}$ »	0,46	0,49
$\frac{3}{4}$ »	0,38	0,35
1 »	0,26	0,26
2 »	0,14	0,14
3 »	0,072	0,081
4 »	0,053	0,065

Auch hier finden wir dasselbe Resultat. Es ist zu bemerken, dafs der $1\frac{3}{4}$″ starke Magnet den stärksten von allen bisher angewandten Strömen gebraucht, um dieselbe Anziehung in Berührung zu zeigen. Bei dem andern mufste der Strom stärker seyn, weil der Magnet selbst kürzer ist und also auch weniger Windungen vorhanden waren.

Um nun auch für die Anziehung, wo sich 1″ grofse Flächen berühren, mehr als ein Beispiel zu haben, liefs ich den $1\frac{3}{4}$″ starken 12″ langen Magneten, so wie den 6″ langen 2″ dicken, den 9″ langen 1″ dicken Anker anziehen. Mit der Reihe, welche vorn in XXXII sich ergiebt zusammengestellt, erhielt ich diefs:

Tabelle XXXVI.

	Magn. 12″ lang 1″ dick.	M. 12″ lang $1\frac{3}{4}$″ dick.	M. 6″ lang 2″ dick.
Berührung	3 Pfd.	3 Pfd.	3 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	0,88	0,89	0,9
$\frac{1}{2}$ »	0,71	0,7	0,71
$\frac{3}{4}$ »	0,6	0,6	0,62
1 »	0,52	0,5	0,54
2 »	0,325	0,33	0,32
3 »	0,23	0,22	0,23
4 »	0,17	0,16	0,16
5 »		0,13	0,13
6 »		0,107	0,105

Während ich möglich viel Modificationen herbeigeführt habe, habe ich bis jetzt noch nicht die Spirale von der Berührungsfläche entfernt. Ich wählte zu dem Zweck den 18″ langen 1″ dicken Magneten und entfernte die Spirale nach und nach von der Endfläche.

XXXVII. Anziehung des 6″ langen $\frac{1}{2}$″ dicken Ankers durch den 18″ langen 1″ dicken Magneten auf dem die Spirale bewegt ist.

	Spirale $\frac{1}{2}$″ entfernt.	$1\frac{1}{2}$″ entfernt.	$2\frac{1}{2}$″ entfernt.	$3\frac{1}{2}$″ entfernt.
Berührung	3 Pfd.	3 Pfd.	3 Pfd.	3 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	0,77	0,75	0,77	0,77
$\frac{1}{2}$ »	0,46	0,49	0,48	0,47

	Spirale $\frac{1}{2}$″ entfernt.	$1\frac{1}{2}$″ entfernt.	$2\frac{1}{2}$″ entfernt.	$3\frac{1}{2}$″ entfernt.
$\frac{3}{4}$ Umdr.	0,34 Pfd.	0,35 Pfd.	0,37 Pfd.	0,36 Pfd.
1 »	0,25	0,29	0,26	0,27
2 »	0,13	0,13	0,13	0,13
3 »	0,08	0,09	0,087	0,087
4 »	0,063	0,068	0,063	0,06

Diese Reihen stimmen genau mit denen überein, wo auch die Berührungsfläche $\frac{1}{2}$″ Durchmesser hat.

Endlich wollte ich noch untersuchen, ob bei einer beliebigen anderen Anziehung in Berührung auch dieselben Reihen sich zeigen würden, und liefs deshalb den 9″ langen 1″ dicken Magneten und den 21″ langen 1″ dicken Magneten den 9″ langen $\frac{1}{2}$″ dicken Anker anziehen. Beide hielten ihn in Berührung mit einer Kraft von 6 Pfd.

XXXVIII. Anziehung des 6″ langen $\frac{1}{2}$″ dicken Ankers durch den 9″ langen 1″ dicken Magneten, so wie des 9″ langen $\frac{1}{2}$″ dicken Ankers durch den 18″ langen 1″ dicken Magneten.

	Anker 6″ lang $\frac{1}{2}$″ dick. Magn. 9″ lang 1″ dick.	Anker 9″ lang $\frac{1}{2}$″ dick. Magn. 18″ lang 1″ dick.
Berührung	6 Pfd.	6 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	2	2,1
$\frac{1}{2}$ »	1,2	1,21
$\frac{3}{4}$ »	0,84	0,86
1 »	0,62	0,67
2 »	0,3	0,31
3 »	0,185	0,2
4 »	0,137	0,14
5 »	0,1	0,11
6 »	0,084	0,09
7 »	0,068	0,07
8 »	0,056	0,055

Auch hier finden wir dieselben Resultate bei ganz verschiedenen Magneten und Ankern. Es ergiebt sich also ganz allgemein:

„*Beliebige Anker und Magnete ziehen bei derselben Berührungsfläche in jeder Entfernung gleich viel, wenn sie in Berührung gleich viel ziehen.*“

Dieser Satz ist zunächst für anzustellende Untersuchungen von Wichtigkeit, da er dieselben sehr abkürzt. Wenn ich nämlich zwei ganz verschiedene Fälle habe, bei denen nur dieselbe Berührungsfläche vorhanden ist, und ich finde in Berührung dieselbe Anziehung, so habe ich nicht nöthig bei beiden die folgenden Messungen zu machen, da ich weifs, dafs sie für beide Fälle gleich seyn müssen. In den nachfolgenden Untersuchungen kommen diese Fälle noch oft vor, allein ich habe in dieser Abhandlung den Satz noch nicht angewandt, damit die hier vorkommenden Versuche auch noch als Bestätigung für diesen Satz dienen mögen.

II.

Ich habe schon am Anfange dieser Abhandlung bemerkt, dafs in den Reihen I und V dieselbe Anziehung auf Entfernung stattfindet zwischen den 12″ langen $\frac{1}{2}$″ dicken Magneten und 6″ langen 1″ dicken Anker, wie zwischen dem 12″ langen 1″ dicken Magneten und dem 6″ langen $\frac{1}{2}$ dicken Anker. Um zu untersuchen, ob sich diese Erscheinung auch unter andern Verhältnissen finde, wählte ich zu einigen, schon früher vorhandenen Fällen diejenigen, in denen die Dicke der Magnete mit denen der Anker wechselt.

Tabelle XXXIX.

	Magn. 12″ lang $\frac{1}{2}$″ dick. Ank. 9″ lang 1″ dick.	M. 12″, 1″. A. 9″, $\frac{1}{2}$″.	M. 12″, $\frac{3}{4}$″. A. 6″, 1″.	M. 12″, 1″. A. 6″, $\frac{3}{4}$″.
Berühr.	6,75 Pfd.	6,8 Pfd.	4 Pfd.	4,1 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	2,3	2,3	1,1	1,25
$\frac{1}{2}$ »	1,3	1,3	0,92	0,9
$\frac{3}{4}$ »	0,93	0,92	0,76	0,77
1 »	0,74	0,72	0,65	0,65
2 »	0,35	0,34	0,36	0,36
3 »	0,2	0,18	0,23	0,23
4 »	0,145	0,135	0,16	0,17
5 »	0,1	0,1	0,12	0,12
6 »	0,084	0,08	0,1	0,1
7 »	0,07	0,07	0,082	0,08
8 »	0,06	0,062	0,068	0,063
9 »	0,05	0,05	0,055	0,055

Es

Es schien mir noch wünschenswerth, einen Versuch in einem Falle zu machen, wo Anker und Magnet an Dicke und Schwere sehr verschieden sind. Ich wählte zu diesem Zweck den 12″ langen $\frac{5}{16}$″ dicken Cylinder zum Magneten und liefs ihn bei der Stromstärke von 20° den 6″ langen 1″ dicken Anker anziehen. Darauf wechselte ich mit der Dicke beider, d. h. ich liefs den 12″ langen 1″ dicken Magneten den 6″ langen $\frac{5}{16}$″ dicken Anker anziehen. Die Resultate waren diese:

XL. Anziehung des 6″ langen 1″ dicken Ankers durch den Magneten 12″ lang $\frac{5}{16}$″ dick und des 6″ langen $\frac{5}{16}$″ dicken Ankers durch den 12″ langen 1″ dicken Magneten.

	Magn. 12″ lang $\frac{5}{16}$″ dick. Ank. 6″ lang 1″ dick.	Magn. 12″, 1″. Ank. 6″, $\frac{5}{16}$″.
Berührung	4,8 Pfd.	4,8 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	1,4 »	1,3 »
$\frac{1}{2}$ »	0,76 »	0,7 »
$\frac{3}{4}$ »	0,47 »	0,46 »
1 »	0,33 »	0,32 »
2 »	0,14 »	0,14 »
3 »	0,086 »	0,086 »
4 »	0,055 »	0,055 »

Wir sehen, wie auch hier dieselbe Anziehung stattfindet, während doch die Schwere der Magnete so sehr von einander abweicht. Diese Versuche ergeben also:

„Die Anziehung bleibt dieselbe, wenn bei sonst gleichen Verhältnissen die Durchmesser von Magnet und Anker gewechselt werden“.

III.

Wir sehen aus diesen Versuchen mehr als aus allen früheren, in wie inniger Wechselwirkung Anker und Magnet stehen und wie man erst aus der Berücksichtigung des ganzen Systems zu der Aussicht auf ganz allgemeine Gesetze über die Wirkung verschiedener Formen der Magnete gelangen kann.

Wenn nun Anker und Magnet mit dem Durchmesser wechseln können, ohne dafs die Anziehung, sowohl in Berührung als in Entfernung, sich ändert; wenn wir ferner wissen, dafs mit der Verkürzung des Magneten bei demselben galvanischen Effect (d. h. bei derselben Windungszahl und demselben Strom, oder bei demselben Product aus Windungszahl und Strom) die Anziehung um Weniges abnimmt, dagegen bei Verlängerung des Ankers die Anziehung ebenfalls nur wenig zunimmt, so läfst sich vermuthen, dafs, wenn nicht allein der Durchmesser der Cylinder, sondern auch zugleich die Länge vertauscht wird, d. h. wenn man den Anker zum Magneten und den Magnet zum Anker macht, bei demselben galvanischen Effect, die Anziehung dieselbe bleiben würde. Um diefs zu untersuchen nahm ich einen ganz beliebigen Fall und verwechselte die Cylinder für Anker und Magnet. Der Magnet wurde immer, wie in früheren Fällen seiner ganzen Länge nach mit der Spirale umgeben und der Strom in der Weise bestimmt, dafs der galvanische Effect derselbe blieb.

XLI. Anziehung bei Umkehrung eines ganzen Systems.

	Magn. 12″ lang ½″ dick. Ank. 6″ lang 1″ dick. 6 Spir. 20°.	Magn. 6″, 1″. Ank. 12″, ½″. 2 Spir. 47° 27′.
Berührung	5,4 Pfd.	5,4 Pfd.
¼ Umdr.	1,6 »	1,5 »
½ »	0,96 »	0,95 »
¾ »	0,67 »	0,7 »
1 »	0,54 »	0,52 »
2 »	0,26 »	0,27 »
3 »	0,16 »	0,17 »
4 »	0,116 »	0,11 »
5 »	0,088 »	0,085 »
6 »	0,075 »	0,07 »
7 »	0,062 »	0,06 »
8 »	0,053 »	0,05 »
9 »		0,037 »

Ich habe vorn No. X. und XII. die Versuche mit den Ankern von gleichem Gewicht bei $\frac{1}{2}$" und 1" dickem Magnete. Von diesen griff ich einen heraus (den $7\frac{1}{5}$" langen) und machte ihn zum Magneten, wogegen die früheren Magnete zu Ankern. Ich erhielt genau dieselbe Anziehung, wenn der galvanische Effect derselbe war und die Spirale den Magneten ganz bedeckten.

XLII. Anziehung des $7\frac{1}{5}$" langen und des 12", 1" und $\frac{1}{2}$" dicken Eisencylinders als Anker und als Magnet benutzt.

	Magn. 12", $\frac{1}{2}$". Ank. $7\frac{1}{5}$"	Magn. $7\frac{1}{5}$". Ank. 12", $\frac{1}{2}$".	Magn. 12", 1". Ank. $7\frac{1}{5}$".	Magn. $7\frac{1}{5}$". Ank. 12", 1"
Berührung	4,7 Pfd.	4,7 Pfd.	4 Pfd.	4 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	1,45	1,45	1,4	1,4
$\frac{1}{2}$ »	0,82	0,87	1	1,1
$\frac{3}{4}$ »	0,7	0,7	0,7	0,9
1 »	0,5	0,53	0,6	0,6
2 »	0,24	0,27	0,4	0,4
3 »	0,16	0,165	0,26	0,26
4 »	0,12	0,11	0,18	0,185
5 »	0,094	0,09	0,14	0,145
6 »	0,075	0,07	0,106	0,11
7 »	0,056	0,054	0,094	0,09
8 »	0,047	0,043	0,08	0,078
9 »			0,07	0,067

Ich kehrte ferner das System in No. I. der 1" und $\frac{3}{8}$" dicken Anker um und erhielt folgende Resultate:

XLIII. Anziehung verschiedener Systeme von Eisencylindern, beide als Magnet und Anker angewandt.

	Magn. 12", 1". Ank. 6", 1".	Magn. 6", 1". Ank. 12", 1".	Magn. 12", 1". Ank. 6", $\frac{3}{8}$".	Magn. 6", $\frac{3}{8}$". Ank. 12", 1".
Berühr.	3,27 Pfd.	3,3 Pfd.	5,1 Pfd.	5,4 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	1,1	1,1	1,6	1,5
$\frac{1}{2}$ »	0,9	0,85	0,95	0,9
$\frac{3}{4}$ »	0,71	0,75	0,65	0,7
1 »	0,6	0,64	0,45	0,46

	Magn. 12″, 1″. Ank. 6″, 1″.	Magn. 6″, 1″. Ank. 12″, 1″.	Magn. 12″, 1″. Ank. 6″, $\frac{3}{8}$″.	Magn. 6″, $\frac{3}{8}$″. Ank. 12″, 1″.
2 Umdr.	0,38	0,4	0,194	0,21
3 »	0,27	0,3	0,11	0,12
4 »	0,19	0,21	0,08	0,08
5 »	0,15	0,16	0,062	0,062
6 »	0,11	0,13	0,05	0,047
7 »	0,095	0,11	0,044	0,04
8 »	0,08	0,09	0,032	
9 »	0,07	0,077		

Einige Ungleichheiten abgerechnet, welche unzweideutig auf Versuchsfehler zu rechnen sind, liefern auch diese Versuche dasselbe Resultat und wir finden also:

„*Die Anziehung ist dieselbe, welchen Einsencylinder desselben Systems man zum Magneten nimmt, wenn nur derselbe immer seiner ganzen Länge nach mit derselben Spirale bedeckt ist und der Strom derselbe bleibt;* oder allgemeiner: *wenn nur immer derselbe galvanische Effect über die ganze Länge des Cylinders ausgebreitet ist*“.

IV.

Von diesem letzten Satze wäre der allgemeinere, dafs die Anziehung dieselbe bliebe, wenn man einen Eisenstab beliebig durchschneidet und nun das eine Stück zum Magneten und das andere zum Anker nähme. Wenn ich also z. B. einen 2 Fufs langen Cylinder habe, und schneide diesen an verschiedenen Stellen durch, so erhalte ich verschiedene Magnete und Anker deren Länge zusammen immer 2 Fufs wäre. Es fragt sich, wie sich die Anziehung dieser verschiedenen Systeme verhalte. Ich wählte ein 2 Fufs langes 1″ starkes System und wandte davon Magnete an von 21″, 18″, 15″, 12″, 9″, 6″ Länge, auf welche immer derselbe galvanische Effect wirkte. Die dazu gehörigen Anker ergänzten den Eisenstab zu 24″, waren also 3″, 6″, 9″, 12″, 15″ 18″ lang.

Ich erhielt folgendes Resultat:

XLIV. Anziehung 24″ langer Systeme von 1″ Durchmesser.

	Magn. 21″.	M. 18″.	M. 15″.	M. 12″.	M. 9″.	M. 6″.
erühr.	1,7 Pfd.	3,6 Pfd.	4,7 Pfd.	5,6 Pfd.	4,7 Pfd.	3,6 Pfd.
Umdr.	0,6	1,2	1,4	1,9	1,4	1,2
»	0,46	0,92	1,06	1,5	1,1	1,93
»	0,42	0,8	0,92	1,18	0,95	0,8
»	0,385	0,7	0,8	1	0,83	0,7
»	0,24	0,4	0,48	0,61	0,5	0,42
»	0,17	0,29	0,33	0,41	0,33	0,3
»	0,13	0,21	0,24	0,29	0,25	0,22
»	0,11	0,17	0,19	0,22	0,2	0,17
»		0,073	0,087	0,09	0,084	0,073

Die Reihen geben nicht das vorn genannte Resultat, ndern es stellt sich ein anderes Gesetzt heraus. Zunächst nd uns diese Reihen eine Bestätigung des vorigen Ge-tzes, dafs die Anziehung dieselbe bleibe, wenn man An-er zum Magneten und Magnet zum Anker nimmt. Ferner er sehen wir, dafs die Anziehung um so geringer wird, näher das System an seinem Ende durschnitten wird, h. je kürzer entweder der Anker oder der Magnet wird, ei zunehmender Länge des andern, und *dafs dagegen das aximum der Anziehung stattfindet, wenn Anker und Mag-t gleiche Länge haben.*

Um zu untersuchen, ob der Satz sich auch unter ande-n Verhältnissen bestätige, nahm ich mehrere Systeme von ″ Länge und $\frac{1}{4}$″ Durchmesser. Ich erhielt folgende Re-ltate:

XLV. Anziehung 18″ langer Systeme von Ankern und Magneten von $\frac{1}{4}$″ Durchmesser.

	Magn. 15″. Ank. 4″.	Magn. 12″. Ank. 6″.	Magn. 9″. Ank. 9.″
Berührung	3,2 Pd.	4,4 Pfd.	5,6 Pfd.
$\frac{1}{4}$ Umdr.	0,85	1,3	1,75
$\frac{1}{2}$ »	0,58	0,9	1,18
$\frac{3}{4}$ »	0,43	0,67	0,85
1 »	0,33	0,5	0,6
2 »	0,17	0,24	0,31
3 »	0,11	0,14	0,19
4 »	0,081	0,095	0,13
5 »	0,06	0,072	0,09

Ich habe in der ersten Reihe statt eines 3″ langen Ankers einen 4″ langen angewandt, da mir der kürzere nicht gleich zu Gebote stand. Auch dieser 4″ lange zieht noch weniger als in der folgenden der 6″ lange bei 12 zölligen Magneten, obgleich das ganze System hier 1″ kürzer ist. Die Reihe, wo Anker und Magnet dieselbe Länge haben, zeigt wieder überwiegend die gröfste Anziehung. Da der Satz schon fest steht, und auch in den vorletzten Versuchen wieder bestätigt ist, *dafs die Anziehung dieselbe ist, wenn ich das ganze System umkehre,* so habe ich es nicht für nöthig erachtet, die Versuche mit 12″ langem Anker und 6 zölligem Magnet, so wie mit 15″ langem Anker und 4 zölligem Magnet anzustellen; sie müssen dieselbe Resultate geben wie die 2. und 1. Reihe.

So folgt dann aus diesen Versuchen:

„*Bei derselben Länge verschiedener, gleich starker Systeme findet das Maximum der Anziehung statt, wenn Anker und Magnet gleich lang sind*“.

An diesen Satz knüpfen sich mancherlei neue Fragen, deren Beantwortung ich mir jedoch für spätere Untersuchungen vorbehalte, da sie sich, wie schon diese letzte, nicht mehr auf solche Fälle erstrecken, wo Gleichheit der Anziehung stattfindet. Nur will ich hier noch darauf aufmerksam machen, dafs ich in meiner früheren Abhandlung einem von Hrn. Barral aufgestellten Satze widersprochen habe, welcher sagt: *das Maximum der Anziehung findet statt, wenn der Anker dieselbe Schwere hat wie der Magnet.* Dieser Satz ist allerdings in dieser Allgemeinheit durchaus falsch, und ich konnte damals nicht ahnen, dafs er unter hinzugefügten Beschränkungen wahr werden könne. Fügen wir nämlich noch hinzu, dafs dabei nur von demselben Durchmesser von Anker und Magnet und von Beibehaltung derselben Länge des ganzen Systems, während die Länge von Anker und Magnet wechselt, die Rede ist; so ist nach den vorstehenden Versuchen der Satz richtig. Es fragt sich, ob es nicht noch andere Verhältnisse giebt, die den Satz verallgemeinern?

Stellen wir nun die im Verlaufe der Untersuchung gefundenen Resultate zusammen, so ergiebt sich:

1. *Die Anziehung nimmt in Entfernung von Magneten sehr schnell ab.*

2. *Die Abnahme der Anziehung ist verhältnifsmäfsig um so gröfser, je geringer sie in Berührung ist, bei derselben Berührungsfläche.*

Um wenigstens eine einigermafsen absolute Bestimmung zu geben, kann ich sagen, dafs unter allen von mir angestellten Versuchen keine Anziehung ist, welche in einer Entfernung von $\frac{1}{150}''$ gröfser als die Hälfte der in Berührung oder kleiner als $\frac{1}{4}$ derselben wäre. Ja ich habe nicht einmal solche, die diese Gränzen ganz erreichen.

Während in Berührung die Anziehung mit der Abnahme des Durchmessers von Anker und Magnet bis zu einer bestimmten Gränze wächst, findet in einiger Entfernung diefs nicht mehr statt, sondern:

3. *„Von einiger Entfernung ab ist die Anziehung um so geringer, je dünner Anker oder Magnet oder beide werden"*; allein die Anziehung steht im Allgemeinen nicht in geradem Verhältnisse mit den Durchmessern des Ankers oder Magneten, wenngleich diefs in einigen Fällen vorkommt.

4. *Zugespitzte Anker und Magnete zeigen in Entfernung geringere Anziehung als cylindrische von demselben Durchmesser.*

5. *Die Anziehung der Anker und Magnete von gleichem Durchmesser wächst (in Berührung wie in Entfernung) mit der Länge derselben.*

6. *Bei gleichem Gewicht der Anker und Magnete nimmt die Anziehung um so langsamer ab, je kürzer und dicker sie werden.*

7. *Anker von gleichem Gewicht ziehen von einiger Entfernung ab gleich viel.*

8. *Magnete von gleichem Gewicht ziehen in Entfernung gleich viel, wenn bei demselben galvanischen Effect die Spirale den Magneten seiner ganzen Länge nach umgiebt.*

9. *Bei gleicher Berührungsfläche ziehen Anker und Magnete, sowohl in Entfernung als in Berührung, gleich viel.*

10. *Die Anziehung verhält sich wie die Quadrate der Anzahl der Windungen der elektromagnetischen Spirale.*

Ich habe ferner den Satz der HH. Lentz und Jacoby bestätigt gefunden.

11. *Die Anziehung verhält sich wie die Quadrate der netisirenden Ströme.*

12. *Die Anziehung wächst mit der Annäherung sämmtlicher Spiralwindungen an die Berührungsfläche bis zu einer bestimmten Gränze. Diese Gränze liegt der Berührungsfläche sehr nahe.*

13. *Die Anziehung wächst noch mehr, wenn die Spirale dieselbe bleibt und nur der Eisenkern verlängert wird, als wenn bei Verlängerung desselben auch dieselbe Anzahl der Windungen über die ganze Länge des Eisenkerns ausgebreitet wird.*

14. *Bei derselben Gröfse der Berührungsfläche bleibt die Anziehung in Entfernung dieselbe, wenn sie in Berührung dieselbe ist, mögen Magnet und Anker eine Form haben, welche sie wollen.*

15. *Die Anziehung bleibt dieselbe, wenn die Durchmesser von Magnet und Anker gewechselt werden.*

16. *Die Anziehung bleibt dieselbe, wenn der Anker zum Magnet und der Magnet zum Anker gemacht wird* (wenn nur die Spirale, bei demselben galvanischen Effect, den Eisenkern immer in seiner ganzen Länge umgiebt).

17. *Bei verschiedenen Systemen von gleicher Länge und gleichem Durchmesser findet das Maximum der Anziehung statt, wenn Anker und Magnet gleich lang sind.*

Berlin, den 27. Febr. 1850.

III. *Ueber die Wärme-Entwicklung beim Austausche von Metallen; von Thomas Andrews,*

Vicepräsident des Queen's College zu Belfast.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den *Philosoph. Transact. f.* 1848.)

In der gegenwärtigen Mittheilung beabsichtige ich, einige neue Untersuchungen über die Wärme-Entwicklung bei chemischen Actionen aus einander zu setzen, die als eine Fortsetzung meiner früheren über denselben Gegenstand betrachtet werden können [1]). Die meisten der in diesem Aufsatze beschriebenen Versuche sind schon vor einigen Jahren angestellt, und der Schlufs, zu dem sie führten, ist in dem *Philosophical Magazine* für August 1844 kurz angegeben. Später habe ich Gelegenheit gehabt, viele der früheren Versuche zu wiederholen und neue hinzuzufügen, welche sämmtlich die vordem erhaltenen allgemeinen Resultate bestätigen.

Da ich anfangs beobachtet hatte, dafs, wie wohl eine sehr beschränkte Zahl von Basen (Kali, Natron, Baryt und Strontian), wenn ein chemisches Aequivalent von ihnen mit Säuren eine Verbindung eingeht, beinahe dieselbe Wärmemenge entwickelt, dennoch die Mehrzahl der Basen unter solchen Umständen sehr stark von einander abweicht, während andererseits verschiedene Säuren, im verdünnten Zustande genommen, mit derselben Base fast denselben Wärmebetrag geben, so wagte ich die allgemeine Folgerung zu ziehen, dafs die chemischen Effecte inniger mit dem basischen oder elektropositiven Element als mit dem sauren oder elektro-negativen verknüpft seyen. Dieser Ansicht gemäfs schien es wahrscheinlich, dafs bei der Zersetzung von Lösungen neutraler Salze durch Zusatz von Basen oder metallischen Körpern, die Natur des sauren oder elektro-negativen Elements der Verbindung keinen

1) *Transact. of the Roy. Irish Acad. Vol. XIX, p.* 228, 293, auch *Philosoph. Transact. f.* 1848. (Daraus in diese Ann. Bd. 66, S. 31)

speciellen Einfluſs auf das Resultat ausüben würde. Die Wahrheit dieses Satzes habe ich mich schon bemüht, für den Fall des Austausches von Basen, durch Versuche festzustellen, und in der vorliegenden Abhandlung beabsichtige ich dasselbe allgemeine Gesetz auszudehnen auf den anderen Fall, wo ein metallisches Element ein anderes ersetzt.

Wenig chemische Actionen sind in ihren Endresultaten einfacher, oder ohne Aenderung des allgemeinen Typus der Reaction leichter zu variiren, als die, welche den Gegenstand der vorliegenden Untersuchung ausmachen. Wenn eine neutrale Lösung irgend eines Kupferoxyd-Salzes, z. B. des Sulphats, des Chlorids oder des Acetats, durch metallisches Zink gefällt wird, so ist das Endresultat der Ersatz eines Atoms Kupfer durch ein Atom Zink in der Lösung, und die Fällung eines Atoms Kupfer. Vergleicht man die physischen und chemischen Eigenschaften äquivalenter Lösungen verschiedener Kupfersalze, so zeigen sie eine fast vollständige Einerleiheit, und dasselbe gilt von den Lösungen der Zinksalze, welche nach Beendigung der Reactionen zurückbleiben. Wir haben also jede günstige Bedingung zur Hervorbringung einfacher thermischer Resultate. Für den gegenwärtigen Zweck ist es nicht nothwendig nachzuforschen, in welchem Zustand das metallische Element in der wäſsrigen Lösung seiner Salze vorhanden sey, oder welche Aenderungen eintreten zwischen dem ersten Zusatz des Zinks und der endlichen Fällung des Kupfers; es genügt zu wissen, daſs das Endresultat dasselbe ist, man mag die Lösung eines Oxy- oder eines Haloïd-Salzes anwenden.

Das allgemeine Resultat der ganzen Untersuchung läſst sich folgendermaſsen fassen: *Wenn ein Aequivalent eines und desselben Metalls ein anderes in einer Lösung irgend eines seiner Salze von gleicher Ordnung ersetzt, so ist die entwickelte Wärme immer dieselbe; allein ein Wechsel eines der beiden Metalle erzeugt eine verschiedene Wärme-Entwicklung.*

Unter dem Ausdruck „Lösung eines Salzes von gleicher Ordnung“ ist eine Lösung verstanden, in welcher auf Zu-

satz eines Alkalis ein gleicher Niederschlag erfolgt, oder in welcher, gemäfs einer Ansicht von der Zusammensetzung solcher Salze, das Metall in demselben Oxydationszustand vorhanden ist.

Kupfersalze mit Zink.

Mit Kupferoxydsalzen und metallischem Zink wurden zwei Versuchsreihen angestellt. Bei der ersten Reihe wurden concentrirte Lösungen genommen und in ein kleines Glasgefäfs gebracht, worin sich auch ein oben offenes Glasrohr befand, welches reines Zink im Zustande feiner Zertheilung enthielt Das Glasgefäfs wurde sorgfältig verschlossen, in ein gröfseres Kupfergefäfs gestellt, welches mit einem Deckel versehen war. Das letztere war mit Wasser von der geeigneten Temperatur gefüllt und hing in einem äufseren Gefäfs von Weifsblech. Das Ganze wurde in einem mit Deckel verschlossenen Cylinder gebracht, der in Rotation versetzt werden konnte [1]). Nachdem alle Theile des Aggregats eine gleiche Temperatur erlangt hatten, wurde durch die kleine Oeffnung im Deckel des Kupfergefäfses, in das darin befindliche Wasser ein sehr empfindliches Thermometer gestellt, und der Stand desselben beobachtet. Dann wurde das Thermometer entfernt, die Oeffnung durch einen Kork verschlossen, der Deckel des äufseren Gefäfses aufgesetzt, und dem Rotationsrade eine halbe Umdrehung gegeben, wodurch das metallische Zink mit der Kupferlösung in Berührung kam. Die Rotation wurde nun fünf und eine halbe Minute fortgesetzt, was sich als hinlänglich erwiefs, nicht allein um das Kupfer vollständig zu fällen, sondern auch um die aus der Reaction entstehende Wärme gleichförmig durch den ganzen Apparat zu verbreiten. Die Temperatur des Wassers war so gewählt, dafs die erforderlichen Berichtigungen wegen des erwärmenden und abkühlenden Einflusses der Luft sehr unbedeutend wurden;

1) Die Beschreibung und Abbildung eines ähnlichen Apparats findet sich in dem *Transact of the Roy. Irish Academy*. (Siehe Ann. Bd. 59, S. 428).

ihr Betrag wurde jedoch in jedem Versuch ermittelt und demgemäfs das Resultat berichtigt.

Um hinsichts der Concentration der Lösungen alle Unsicherheit zu entfernen, wurde eine bedeutende Menge eines jeden Salzes in Wasser gelöst und die Lösung durch Fällung des Kupferoxyds sorgfältig analysirt. Alle Lösungen wurden in einem vollkommen neutralen Zustand angewendet.

Bei der zweiten Reihe von Versuchen nahm man verdünntere Lösungen und beobachtete den Temperatur-Anwuchs direct in der Lösung, in welcher die Fällung geschah. Das, zu derselben Temperatur wie die Flüssigkeit erkaltete, Zink wurde, nachdem seine Temperatur beobachtet worden, hineingesteckt und das Ganze anderthalb Minuten lang in Rotation versetzt. Nachdem die Endtemperatur genommen worden, hob man einige Tropfen der Flüssigkeit zur ferneren Untersuchung heraus und liefs den Apparat wiederum anderthalb Minuten rotiren. Bei abermaliger Hineinsteckung des Thermometers fand sich die Temperatur der Flüssigkeit immer einige Hundertel eines Grades höher als bei der vorhergehenden Beobachtung, obwohl das Kupfer zuvor gänzlich gefällt worden war, und bei mehrmaliger Wiederholung derselben Operation erfolgte allemal dieselbe Wärme-Entwicklung. Diese sekundäre Wärme-Entwicklung entspringt aus zwei Ursachen, aus der Oxydation des gefällten Metalls durch die im oberen Theil des Glasgefäfses enthaltene Luft, und aus der Volta'schen Kette, die das gefällte Kupfer mit dem überschüssigen Zink bildet. Der Einfluſs der ersten Ursache war klar zu beweisen durch Wiederholung des Versuchs mit dem möglichst mit der Lösung gefüllten Gefäfs, wobei der Betrag der sekundären Wärme-Entwicklung beträchtlich verringert war. Allein ohne in eine minutiöse Erörterung dieser Temperatur-Erhöhung einzugehen, genügt für den gegenwärtigen Zweck die Bemerkung, dafs dieselben Ursachen, selbst im stärkeren Grade, während der ersten Periode des Umschüttelns thätig seyn, und den dabei beobachteten Temperatur-An-

wuchs zu hoch machen mufsten. Die Anbringung der erforderlichen Berichtigung ist sehr schwierig und die Unsicherheit hinsichts dieses Punkts verhindert eine absolute Genauigkeit in den folgenden Zahlenwerthen zu erhalten. Als die wahrscheinlichste Schätzung nahm ich an, die Berichtigung sey gleich dem bei der zweiten Rotationsperiode beobachteten Anwuchs, ohne diesen wegen des abkühlenden Einflufses der Luft zu berichtigen. Diese Berichtigung betrug gewöhnlich etwa 0°,1 C. Ich mufs daran erinnern, dafs die Vollständigkeit der Fällung am Ende des ersten Schüttelns bei jedem Versuch dadurch ermittelt ward, dafs man einige Tropfen der Lösung herausnahm und sie sorgfältig prüfte. Bei der ersten Reihe von Versuchen mit den Kupfersalzen wurde für diese sekundäre Wärme-Entwicklung keine Berichtigung angebracht, weil es unmöglich war, ihren Betrag auszumitteln, welche indefs vermuthlich geringer war als bei den Versuchen der zweiten Reihe.

Erste Reihe.

Schwefelsaures Kupferoxyd und Zink. — Die Lösung des schwefelsauren Kupfers wog 43,3 Grm. und enthielt 1,100 Grm. Kupferoxyd. Die spec. Wärme der Lösung des gebildeten schwefelsauren Zinkoxyds fand sich durch directe Versuche zu 0,935 und folglich ihr thermisches Aequivalent 40,5 Grm. Wasser. Der mit der Flüssigkeit in Berührung stehende Apparat enthielt 92 Grm. Kupfer, 20 Grm. Messing und 43 Grm. Glas, aufser Kork u. s. w. Sein thermisches Aequivalent, mit Einfluſs des überschüssigen Zinks, war 17,4 Grm. Wasser. Die Grade sind hunderttheilige.

I. Luft 13°,4. Anwuchs, beob. 2°,54, berichtigt 2°,53
Wasser 242,6 Grm. Lösung und Gefäfse [1]) 57,9 Grm.

II. Luft 11°,8. Anwuchs, beob. 2°,53, berichtigt 2°,53
Wasser 243,5 Grm. Lösung und Gefäfse 57,9 Grm.

III. Luft 12°,0. Anwuchs, beob. 2°,51, berichtigt 2°,52
Wasser 243,5 Grm. Lösung und Gefäfse 57,9 Grm.

1) Ihr Aequivalent nämlich.

IV. Luft 15°,4. Anwuchs, beob. 2°,51, berichtigt 2°,50
Wasser 243,6 Grm. Lösung und Gefäfse 57,9 Grm.

Wir haben also für die Verbindungswärme, bezogen auf 1 Grm. metallisches Kupfer als Einheit:

I.	II.	III.	IV.	Mittel.
866°	868°	865°	858°	864°.

Kupferchlorid und Zink. — Die Lösung des Kupferchlorids wog 43,3 Grm. und enthielt 1,100 Grm. Kupferchlorid. Die spec. Wärme der Zinklösung fand sich zu 0,946.

I. Luft 13°,5. Anwuchs, beob. 2°,50, bericht. 2°,51
Wasser 243,3 Grm. Lösung und Gefäfse 58,3 Grm.

II. Luft 14°,0. Anwuchs, beob. 2°,52, bericht. 2°,52
Wasser 238,3 Grm. Lösung und Gefäfse 58,3 Grm.

III. Luft 14°,9. Anwuchs, beob. 2°,49, bericht. 2°,50
Wasser 244,8 Grm. Lösung und Gefäfse 58,3 Grm.

IV. Luft 13°,6. Anwuchs, beob. 2°,49, bericht. 2°,50
Wasser 241,1 Grm. Lösung und Gefäfse 58,3 Grm.

Wir haben also für die Verbindungswärme, bezogen auf dieselbe Einheit:

I.	II.	III.	IV.	Mittel.
862°	851°	863°	852°	857°.

Essigsaures Kupferoxyd. — Die Lösung des essigsauren Kupfers wog 43,3 Grm. und enthielt 1,092 Grm. Kupferoxyd. Die Lösung des bei der Reaction gebildeten essigsauren Zinks hatte eine specifische Wärme von 0,930.

I. Luft 16°,7. Anwuchs, beob. 2°,43, bericht. 2°,44
Wasser 242,8 Grm. Lösung und Gefäfse 57,6 Grm.

II. Luft 16°,7. Anwuchs, beob. 2°,43, bericht. 2°,44
Wasser 243,6 Grm. Lösung und Gefäfse 57,6 Grm.

III. Luft 15°,5. Anwuchs, beob. 2°,40, bericht. 2°,41
Wasser 242,8 Grm. Lösung und Gefäfse 57,6 Grm.

Also Verbindungswärme:

I.	II.	III.	Mittel.
841°	843°	830°	838°.

Zweite Reihe.

Schwefelsaures Kupferoxyd und Zink. — Die Lösung des schwefelsauren Kupfers wog 100 Grm. und enthielt

0,360 Grm. Kupferoxyd. Die specifische Wärme der Lösung des schwefelsauren Zinks fand sich durch Versuche zu 0,989. Um die Action in möglichst kürzester Zeit zu beendigen war das Zink in grofsem Ueberschufs (4,5 Grm.) genommen. Das Zink war sorgfältig destillirt worden, und enthielt nicht mehr als 0,0005 Unreinigkeit, hauptsächlich aus Blei bestehend. Das Glasgefäfs, worin der Versuch angestellt wurde, wog 50 Grm., und der thermische Werth des ganzen Apparats mit seinem Inhalt betrug 106,3 Grm. Das Kupfer wurde insgesammt innerhalb eines Schüttelns von anderthalb Minuten gefällt.

I.	Luft	17°,9.	Anwuchs,	beob.	2°,48,	bericht. 2°,35
II.	»	17°,8.	»	»	2°,50,	» 2°,37
III.	»	17°,5.	»	»	2°,48,	» 2°,35.

Bei diesen Versuchen war das Gefäfs nicht ganz mit Lösung gefüllt und die Berichtigung wegen der sekundären Wärme-Entwicklung beläuft sich, wie zu bemerken, auf 0°,13. Bei den beiden folgenden Versuchen wurde eine viel kleinere Luftmenge in dem Gefäfse gelassen und die Berichtigung sank demnach auf 0°,05. Die Lösung wog nun 130,0 Grm. und enthielt 0,468 Grm. Kupferoxyd. Das thermische Aequivalent des ganzen Apparats war nun 136,3 Grm.

IV.	Luft	15°,5.	Anwuchs,	beob.	2°,40,	bericht. 2°,35
V.	»	16°,0.	»	»	2°,42,	» 2°,37.

Also Verbindungswärme:

I.	II.	III.	IV.	V.	Mittel.
869°	876°	869°	857°	867°	868°.

Kupferchlorid und Zink. — Die Lösung enthielt dasselbe Gewicht an Kupferchlorid und die Zinklösung hatte dieselbe specifische Wärme wie zuvor. Der letzte Versuch wurde in derselben Weise ajustirt wie der vierte und fünfte der vorhergehenden Reihe.

I.	Luft	17°,2.	Anwuchs,	beob.	2°,43,	bericht. 2°,31
II.	»	17°,0.	»	»	2°,46,	» 2°,34
III.	»	17 ,6.	»	»	2°,46,	» 2°,34
IV.	»	17 ,8.	»	»	2°,44,	» 2°,32
V.	»	16 ,1.	»	»	2°,40,	» 2°,35.

Also Verbindungswärme:

I.	II.	III.	IV.	V.	Mittel.
854°	865°	865°	858°	857°	860°.

Essigsaures Kupferoxyd und Zink. — Es wurden genommen 100 Grm. einer Lösung dieses Salzes, die 0,360 Grm. Kupferoxyd enthielten. Specifische Wärme der Zinklösung 0,987. Thermischer Werth des Ganzen 106,1 Grm.

I. Luft 17°,3. Anwuchs, beob. 2°,49, bericht. 2,37
II. » 17°,3. » » 2°,50, » 2,38
III. » 18°,0. » » 2°,50, » 2,38

Also:

I.	II.	III.	Mittel.
875°	878°	878°	877°.

Ameisensaures Kupferoxyd und Zink. — Die Lösung dieses Salzes entsprach in jeder Beziehung der des schwefelsauren Kupferoxyds.

I. Luft 17°,8. Anwuchs, beob. 2°,43, bericht, 2°,36
II. » 17 ,6. » » 2°,41, » 2°,34.

Also:

I.	II.	Mittel.
873°	865°	869°.

Stellen wir die vorstehenden Resultate zusammen, so finden wir für die Verbindungswärme, aus der

	ersten Reihe	zweiten Reihe.
Schwefelsaures Kupferoxyd	864°	868°
Kupferchlorid	857	860
Essigsaures Kupferoxyd	838	877
Ameisensaures Kupferoxyd	.	869.

Die Uebereinstimmung dieser Zahlen ist so grofs als sie nur erwartet werden kann bei Versuchen, in welchen andere Wärmequellen vorhanden sind, deren Einfluſs genau zu ermitteln schwierig ist. Wie ersichtlich ist die entwickelte Wärme ganz unabhängig von der Säure, mit welcher das Metall verbunden war. Die Resultate beider Reihen, in welchen Lösungen von sehr verschiedener Concentration angewandt wurden, weichen wenig von einander ab; allein ein genauer Vergleich läſst sich nicht machen, da

an

an den Zahlen der ersten Reihe keine Berichtigung wegen der störenden thermischen Effecte angebracht war. Wir können jedoch folgern, dafs, innerhalb der Gränzen dieser Versuche, die entwickelte Wärme für einen gleichen Betrag an ausgetauschtem Metall beinahe gleich ist bei Lösungen von verschiedener Concentration. Wahrscheinlich wird aber diese Folgerung nicht streng gültig seyn für sehr concentrirte Lösungen.

Fast unnöthig zu bemerken ist, dafs, wenn im Laufe der Reaction, aufser der Abscheidung des einen Metalls durch das andere, noch irgend eine sonstige chemische Reaction stattfindet, alsdann die Wärme-Entwicklung nicht mehr dieselbe seyn wird. Deshalb sind salpetersaure Lösungen von Metallen, besonders concentrirte, nicht zu dieser Untersuchung geeignet.

Nehmen wir aus den Zahlen der zweiten Reihe das Mittel und setzen das Atomgewicht des Kupfers = 3,96, so haben wir für die Wärme-Entwicklung bei Ausscheidung von

1 Grm.	Kupfer	durch	Zink	868° C.	oder	1562° F.
1 Aequiv.	»	»	»	3435° C.	»	6183° F.

Kupfersalze mit Eisen.

Ueber die Fällung von Kupfersalzen durch Eisen wurden zwei ähnliche Versuchsreihen wie die vorhergehenden angestellt. In der ersten Reihe waren Apparat und Lösungen in jeder Hinsicht dieselben wie bei den Versuchen mit Zink. Es war von dem fällenden Metall eine grofse Menge (12 bis 13 Grm) erforderlich.

Erste Reihe.

Schwefelsaures Kupferoxyd und Eisen.

I. Luft 14°,7. Anwuchs, beob. 1°,68, bericht. 1°,68
Wasser 246,4 Grm. Lösung und Gefäfse [1]) 59,1 Grm.

II. Luft 14°,9. Anwuchs, beob. 1°,68, bericht. 1°,68
Wasser 244,3 Grm. Lösung und Gefäfse 59,1 Grm.

1) Nämlich ihr Wärme-Aequivalent.

III. Luft 14°,4. Anwuchs, beob. 1°,65, bericht. 1°,68
Wasser 243,5 Grm. Lösung und Gefäfse 59,1 Grm.

Hieraus ergiebt sich für die Verbindungswärme, bezogen auf 1 Grm. Kupfer als Einheit

I.	II.	III.	Mittel.
584°	580°	579°	581°.

Kupferchlorid und Eisen.

I. Luft 15°5. Anwuchs, beob. 1°,77, bericht. 1°,77
Wasser 243,1 Grm. Lösung und Gefäfse 59,5 Grm.
II. Luft 14°2. Anwuchs, beob. 1°,77, bericht. 1°,77
Wasser 242,5 Grm. Lösung und Gefäfse 59,5 Grm.

Hieraus:

I.	II.	Mittel.
609°	610°	609°,5.

Der gröfsere Wärmebetrag bei den letzten Versuchen entsprang daraus, dafs das Eisenchlorür rascher Sauerstoff absorbirt als das schwefelsaure Eisenoxydul. Bei der nächsten Reihe war diese Fehlerquelle vermieden und daher stimmen auch die Resultate besser mit einander.

Zweite Reihe.

Bei diesen Versuchen löste man die Salze in frisch ausgekochtem Wasser und liefs in dem Gefäfs nur eine kleine Luftblase zurück. Jede Lösung wog 126,7 Grm. und enthielt 0,456 Grm. Kupferoxyd.

Schwefelsaures Kupferoxyd und Eisen. — Luft 15°,5. Anwuchs, beobachtet 1°,64, berichtigt 1°,62. Verbindungswärme 593°.

Kupferchlorid und Eisen. — Luft 15°,5. Anwuchs, beobachtet 1°,64, berichtigt 1°,61. Verbindungswärme 590°.

Nimmt man das Mittel aus den letzten Versuchen, so erhalten wir für die Wärme-Entwicklung bei Fällung von

1 Grm. Kupfer durch Eisen 592° C. oder 1066° F.
1 Aequiv. Kupfer » » 2342 » 4216

Kupfersalze mit Blei.

Essigsaures Kupferoxyd und Blei. — Wie zuvor nahm man 100 Grm. einer Lösung von essigsaurem Kupfer, die

0,360 Grm. Oxyd enthielten. Vom Blei war ein grofser Ueberschufs (15 Grm.) zur vollständigen Fällung erforderlich.

I. Luft 21°,5. Anwuchs, beob. 0°,89, bericht. 0°,77
II. » 21°,5. » » 0°,89, » 0°,77.

Hieraus Verbindungswärme:

I.	II.	Mittel.
284°	284°	284°.

Ameisensaures Kupferoxyd und Blei. — Die Lösung war wie zuvor ajustirt.

I. Luft 17°,2. Anwuchs, beob. 0°,82, bericht. 0°,72
II. » 17°,1. » » 0°,83, » 0°,71
III. » 16°,0. » » 0°,80, » 0°,70.

Hieraus:

I.	II.	III.	Mittel.
265°	269°	259°	268°.

Wir haben also für die Wärme-Entwicklung bei Fällung von

1 Grm. Kupfer durch Blei 268° C. oder 482° F.
1 Aequiv. » » » 1061 » 1909

Silbersalze mit Zink.

Die Silbersalze werden durch Schütteln ihrer Lösungen mit fein zertheiltem Zink leicht reducirt. Es wurden das schwefelsaure und das essigsaure Salz zum Versuch genommen und, wie man sehen wird, geben die Resultate eine fernere Bestätigung des zu Anfang dieses Aufsatzes aufgestellten allgemeinen Satzes. Die sekundäre Wärme-Entwicklung äufserte sich auch deutlich und hielt eine bedeutende Zeit an, nahm aber allmählig an Stärke ab. Die beiden folgenden Beobachtungen werden den Betrag dieser Wärme darthun, die bei den Silbersalzen hauptsächlich der Volta'schen Action zugeschrieben werden mufs. Die untenstehenden Zahlen geben die Wärmeanwüchse, beobachtet in Intervallen von zwei Minuten, während welcher jedes-

[illegible] derselben Weise vollzogen [illegible] Flüssigkeit, die nach der [illegible] genommen wurden, ga- [illegible] Chlornatrium, zum [illegible] vollständig war.

		Essigsaures Silberoxyd
[illegible]	[illegible]6	1°,94
[illegible]	[illegible]4	0 ,12
[illegible]	[illegible]2	0 ,12
[illegible]	[illegible]3	0 ,08
[illegible]	9	0 ,06
[illegible]	[illegible]4	0 ,06.

[illegible] höher [illegible] beträcht- [illegible] aus der Ent- [illegible] des gefäll-

[illegible] — Das Gewicht [illegible] Eine gleiche [illegible] 0.600 Grm. [illegible] Silbersalz. Das ther- [illegible] entstandenen Lö- [illegible] Grm. Wasser, und

[illegible]	1,96.	bericht. 1°,82
	1,93.	» 1 ,80
	1,92.	» 1 ,79.

[illegible]

[illegible] wurde eine [illegible] 0.571 [illegible] des Ganzen

I.	Luft 18°,2.	Anwuchs,	beob.	1°,80,	bericht.	1°,72
II.	» 18 ,0.	»	»	1 ,80,	»	1 ,72
III.	» 18 ,1.	»	»	1 ,81,	»	1 ,73.

Hieraus:

I.	II.	III.	Mittel.
427°	427°	429°	428.°

Essigsaures Silberoxyd und Zink. — 100 Grm. der Lösung gaben 0,600 Grm. Chlorsilber.

I.	Luft 16°,4.	Anwuchs,	beob.	1°,94,	bericht.	1°,82
II.	» 15 ,2.	»	»	1 ,93,	»	1 ,81
III.	» 15 ,0.	»	»	1 ,93,	»	1 ,80.

Woraus:

I.	II.	III.	Mittel.
428°	426°	424°	426°.

Diefs Resultat ist identisch mit der Mittelzahl aus den Versuchen mit schwefelsaurem Silber. Wir haben also für die Wärme-Entwicklung bei Fällung von

1 Grm.	Silber durch Zink	426° C.	oder	767° F.
1 Aequiv.	» » »	5747	»	10345

Schon haben wir bemerkt, dafs die salpetersauren Salze im Allgemeinen nicht dieselben thermischen Resultate geben wie die anderen Salze, weil die Salpetersäure eine Neigung zur Zersetzung hat, welche der Metallfällung andere chemische Actionen hinzufügt. Es wurden jedoch mit dem salpetersauren Silberoxyd genäherte Versuche erhalten. 100 Grm. einer Lösung, die 0,711 Grm. trocknes salpetersaures Silberoxyd enthielten, gaben in drei Versuchen 2°,12, 2°,13 und 2°,11 als unberichtigte Wärme-Anwüchse. Als das Schütteln während Perioden von zwei Minuten fortgesetzt, und die Temperatur am Ende jeder Periode beobachtet wurde, ergab sich für die Anwüchse ein sonderbares Gesetz, indem diese erst klein waren und dann plötzlich zunahmen. Der Gang des Thermometers wird aus den folgenden Zahlen ersichtlich seyn; sie geben die am Ende eines jeden zweiminutlichen Schüttelns beobachteten Temperaturen.

Erster Anwuchs	2°,12	2°,13	2°,11
Zweiter »	0 ,03	0 ,06	0 ,07
Dritter »	0 ,03	0 ,02	0 ,03
Vierter »	0 ,14	0 ,11	0 ,17
Fünfter »	0 ,23	0 ,17	0 ,25
Sechster »	0 ,18	0 ,16	0 ,20
Siebenter »	0 ,13	0 ,15	0 ,23
Achter »	0 ,11	0 ,11	0 ,16.

Die plötzliche Zunahme des Anwuchses, nachdem das Schütteln 6 Minuten gedauert hatte, ist sehr merkwürdig; sie trat bei allen Versuchen gleichmäfsig ein. Sie zeigt deutlich, dafs zu dieser Zeit eine neue Volta'sche oder chemische Action erfolgte, mit deren Natur ich nicht genau bekannt bin. Bei den anderen Silbersalzen, die untersucht wurden, trat keine anomale Unregelmäfsigkeit ein.

Silbersalze und Kupfer.

Alle Silbersalze bei diesen Versuchen enthielten dieselbe Menge Silber. 100 Grm. von jeder, gefällt durch Chlorwasserstoffsäure, gaben 0,600 Grm. Silberchlorid. Das Kupfer war aus dem Oxyd durch Wasserstoff reducirt worden, und zu jedem Versuch wurden etwa 2 Grm. genommen.

Schwefelsaures Silberoxyd und Kupfer.

I.	Luft 13°,9.	Anwuchs,	beob.	0°,73,	bericht.	0°,68
II.	» 13 ,7.	»	»	0 ,71,	»	0 ,69
III.	» 12 ,7.	»	»	0 ,76,	»	0 ,71.

Hieraus:

I.	II.	III.	Mittel.
159°	161°	166°	162°.

Essigsaures Silberoxyd und Kupfer.

I.	Luft 13°,4.	Anwuchs,	beob.	0°,68,	bericht.	0°,67
II.	» 12 ,8.	»	»	0 ,71,	»	0 ,66
III.	» 12 ,8.	»	»	0 ,71,	»	0 ,66.

Hieraus:

I.	II.	III.	Mittel.
157°	155°	155°	156°.

Salpetersaures Silberoxyd und Kupfer.

I. Luft 13°,8. Anwuchs, beob. 0°,74, bericht. 0°,70
II. » 13 ,0. » » 0 ,75, » 0 ,70
III. » 12 ,8. » » 0 ,77, » 0 ,72.

Hieraus:

I.	II.	III.	Mittel.
164°	169	169°	166°.

Hier stimmen die bei dem salpetersauren Salz erhaltenen Zahlen mit den übrigen. Wir haben also für die Wärme-Entwicklung bei Fällung von

1 Grm. Silber durch Kupfer 161° C. oder 290° F.
1 Aequiv. » » » 2176 » 3917

Bleisalze mit Zink.

Essigsaures Bleioxyd mit Zink. — Die Fällung des Bleis aus seinen Lösungen durch metallisches Zink ist innerhalb kurzer Zeit schwer zu vollenden. Es war ein grofser Ueberschufs von Zink (8 Grm.) und ein vier minutliches Schütteln erforderlich. Die Resultate dieser Versuche sind daher nur Annäherungen. Die Lösung wog 130 Grm. und enthielt 1,305 Grm. Bleioxyd. Das thermische Aequivalent des Ganzen war 136,0 Grm. Wasser.

I. Luft 17°,8. Anwuchs, beob. 1°,63, bericht. 1°,60
II. » 16 ,5. » » 1 ,68, » 1 ,65.

Hieraus:

I.	II.	Mittel.
180°	185°	182°,5.

Ameisensaures Bleioxyd und Zink. — 0,433 Grm. des angewandten Salzes gaben 0,324 Grm. Bleioxyd. 100 Grm. der Lösung enthielten 1,35 Grm. ameisensaures Salz. — Luft 12°,7. Anwuchs, beobachtet 1°,74, berichtigt 1°,61. Resultat 181°,5.

1 Grm. Blei durch Zink 182° C. oder 327° F.
1 Aequiv. » » » 2357 » » 4243 »

Quecksilbersalze mit Zink.

Quecksilberchlorid und Zink. — Nur diefs eine Quecksilbersalz wurde untersucht, allein das Reultat reicht hin, die

thermische Stelle des Quecksilbers unter den Metallen festzusetzen. Es wurden 100 Grm. einer Lösung genommen, die 1,240 Grm. Qecksilberchlorid enthielten. Der thermische Werth des Ganzen war 106,4 Grm. Wasser. Hier trat nach beendigter Fällung keine weitere Wärme-Entwicklung ein, auch erfolgte keine Entbindung von Wasserstoffgas. Der Ueberschufs des Zinks amalgamirte sich nämlich, wodurch sowohl dessen Oxydation als die Volta'sche Action verhindert wurde.

I. Luft 16°,6. Anwuchs, beob. 2°,86, bericht. 2°,86
II. » 16 ,5. » » 2 ,85, » 2 ,88
III. » 16 ,4. » » 2 ,88, » 2 ,88.

Hieraus:

I.	II.	III.	Mittel.
332°	334°	334°	333°.

Wir haben also für die Wärme-Entwicklung bei der Fällung von

1 Grm. Quecksilber durch Zink 333° C. oder 600° F.
1 Aequiv. » » » 4166 » » 7499

Platinsalze mit Zink.

Platin-Natrium-Chlorid und Zink. — Von den Platinsalzen eignet sich das Doppelchlorid mit Natron am besten zu dieser Untersuchung. Die vollständige Fällung des Platins durch Zink ist schwieriger und kostet mehr Zeit als die irgend eines andern der bisher untersuchten Metalle. Diefs macht die Berichtigungen gröfser und die Endresultate minder genau. Um die Zusammensetzung des Salzes zu ermitteln wurden 0,692 Grm. sorgfältig getrocknet, durch Salmiak gefällt und der Niederschlag geglüht. Es wurden 0,298 Grm. metallisches Platin erhalten. Zu jedem Versuch wurden 100 Grm. der Lösung genommen, die 0,721 Grm. des trocknen Salzes enthielten.

I. Luft 15°,4. Anwuchs, beob. 2°,94, bericht. 2°,64
II. » 16 ,2. » » 2 ,93, » 2 ,62.

Hieraus:

I.	II.	Mittel.
902°	896°	899°.

Wir haben also für die Wärme-Entwicklung bei der Fällung von

1 Grm. Platin durch Zink 899° C. oder 1618° F.
1 Aequiv. » » » 11085 » » 19953 »

Es wäre interessant gewesen, diese Untersuchung auf andere Fälle von Metall-Ersetzungen auszudehnen, um so eine vollständige Uebersicht von allen in diesen Fällen entwickelten Wärmemengen aufstellen zu können. Allein die Leichtigkeit, mit welcher einige Metalle sich oxydiren, und die Schwierigkeit bei anderen, sie in kurzer Zeit aus ihren Lösungen zu fällen, hielt mich ab, die vorstehenden Resultate weiter auszudehnen. Zur Bequemlichkeit habe ich die bereits erhaltenen Zahlenwerthe in folgende Tafel zusammengestellt.

	Vom gefällten Metall	
	1 Gramm.	1 Aequivalent.
Kupfersalze und Zink	868°	3435
Kupfersalze und Eisen	592	2342
Kupfersalze und Blei	268	1061
Silbersalze und Zink	426	5747
Silbersalze und Kupfer	161	2176
Bleisalze und Zink	182	2357
Quecksilbersalze und Zink	333	4166
Platinsalze und Zink	899	11085.

Um Mifsverständnissen zuvorzukommen, mag hier bemerkt seyn, dafs die Zahlen der ersten Columne die Centigrade bezeichnen, um welche ein Gramm Wasser durch die Fällung eines Gramms Metall aus der Lösung irgend eines seiner Salze erwärmt werden würde; und die Zahlen der zweiten Columne drücken aus, um wie viele Grade dasselbe Gewicht Wasser sich durch die Fällung eines Aequivalents (Sauerstoff = 1) von demselben Metalle erwärmen würde.

Wenn drei Metalle *A*, *B*, *C* in solcher Beziehung stehen, dafs *A* im Stande ist, *B* und *C* aus ihren Verbindungen abzuscheiden, und auch *B* fähig ist *C* zu fällen, so ist die Wärme, welche bei Ersetzung von *C* durch *A* ent-

wickelt wird, gleich der, welche sich bei Ersetzung von *B* durch *A* entbindet, vermehrt um die, welche bei Ersetzung von *C* durch *B* frei wird. Eine ähnliche Regel mag für jede anderen so verknüpften Metalle gültig seyn. Die vorstehende Tafel liefert mehrere Erläuterungen dieses Satzes. So

1 Aeq.	Blei	ausgeschieden	durch	Zink	2357°
1 »	Kupfer	»	»	Blei	1061
1 »	Kupfer	»	»	Zink	3418°.

Das experimentelle Resultat für den letzten Fall ist 3435°, was in solchen Untersuchen als identisch betrachtet werden kann mit der thoretischen Zahl. Ferner:

1 Aeq.	Kupfer	gefällt	durch	Zink	3435°
1 »	Silber	»	»	Kupfer	2176
1 »	Silber	»	»	Zink	5611°.

Das experimentelle Resultat ist 5747°, was nur um $\frac{1}{43}$ von der Theorie abweicht. Dieser Unterschied entspringt aus einem Fehler von etwa 0°,04 unter den drei Versuchen, weshalb die Uebereinstimmung wohl als befriedigend angesehen werden kann. Durch Anwendung desselben Princips kann man leicht den in anderen Fällen von Metall-Austauschen entwickelten Wärmebetrag herleiten. So würde 1 Aeq. Quecksilber, gefällt durch Zink, 731 Wärme-Einheiten geben, 1 Aeq. Platin, gefällt durch Kupfer, 7650 Einheiten, und durch Quecksilber 6919 Einheiten.

IV. *Ueber die unorganischen Bestandtheile des Fleisches, des Blutkuchens und des Serums vom Pferde; von R. Weber.*

Hr. Prof. H. Rose hat vor kurzer Zeit in diesen Annalen Bd. LXXIX, S. 398 die Resultate mitgetheilt, welche ich bei der Untersuchung der Asche des Eigelbs und des Eiweifs der Hühnereier erhalten habe, und daselbst auch schon darauf aufmerksam gemacht, dafs die Resultate der oben genannten Substanzen nachfolgen werden. Es schliefst sich daher diese Abhandlnng ganz an die bezeichnete an. Die Analysen aller dieser Substanzen waren vor längerer Zeit schon gleichzeitig in Angriff genommen worden, die in dieser Abhandlung mitgetheilten konnten aber anderweitiger Beschäftigung wegen erst später vollendet werden.

Der Gang bei der Untersuchung dieser Substanzen ist in der Abhandlung des Hrn. Prof. H. Rose ausführlich mitgetheilt worden. Die getrockneten Substanzen wurden in zwei Theile getheilt, der eine Theil nach der älteren Methode im verschlossenen Tiegel verkohlt. Die Verkohlung geschah in einem grofsen Platintiegel, um alle Berührung mit einem kieselsäurehaltigen Gefäfse zu vermeiden, dessen Masse die Kohle hätte verunreinigen, und auf diese Weise einen gefundenen Gehalt von Kieselsäure in der Substanz hätte zweifelhaft machen können. Die erhaltene Kohle wurde zuerst mit Wasser und darauf mit Chlorwasserstoffsäure ausgezogen, der Rückstand wurde dann mit Platinchlorid verbrannt. Der andere Theil der Substanz wurde zuerst mit Wasser und dann mit Chlorwasserstoffsäure behandelt und der Rückstand darauf getrocknet und dann im Platintiegel verkohlt. Diese Kohle wurde wiederum mit Wasser und mit Chlorwasserstoffsäure extrahirt und endlich mit Platinchlorid verbrannt.

Die einzelnen Theile der nach beiden Methoden ausgeführten Untersuchungen zeigen in den meisten Fällen sehr

grofse Verschiedenheiten in ihrer Zusammensetzung. Diese Verschiedenheiten werden aber erklärlich, wenn man die Erfahrungen in Betracht zieht, die in neuerer Zeit über das Verhalten der organischen Materie zu Salzen, wenn diese mit einander verkohlt werden, gemacht worden sind [1]). Es ist daher auf die einzelnen Theile der Untersuchungen weniger Gewicht zu legen als auf die Gesammtresultate, die in den meisten Fällen ziemlich gut übereinstimmen. Ebenso ist auch auf die berechneten Salze kein grofser Werth zu legen, sie dienen nur dazu um einigermafsen eine Controle für die Untersuchung zu haben. Die Resultate besitzen eine kleine Ungenauigkeit in Betreff des gefundenen Chlors, das in allen Fällen etwas zu gering angegeben ist, da bei der Behandlung der Substanzen mit Wasser nie alle darin löslichen Bestandtheile ausgezogen werden können und bei der darauf erfolgten Behandlung mit Salzsäure eine Bestimmung des Chlors dann nicht mehr möglich ist.

Pferde-Fleisch.

Wie bei der früheren Analyse des Pferdefleisches [2]) wurden auch bei dieser die Muskeln des Vorderarms von einem sehr abgemagerten Pferde angewandt. Die sorgfältigste Reinigung des Fleisches vom Blute geschah gleichfalls, wie früher beschrieben, unmittelbar nach der Tödtung des Thieres, indem in die *arteria brachialis* zuerst lauwarmes und dann kaltes destillirtes Wasser so lange eingespritzt wurde, bis dieses ungefärbt aus den Venen kam.

Das Gewicht des auf die beschriebene Weise gereinigten und zur Analyse verwandten Fleisches betrug 5 Pfd. 8 Loth.

Es wurde zuerst in kleine Stücke zerschnitten und zerhackt, darauf im Wasserbade so lange getrocknet bis der gröfste Theil seines Wassergehaltes sich daraus entfernt hatte. Das Gewicht des im Wasserbade getrockneten Fleisches betrug 1 Pfd. 10 Loth, sein Volumen war bedeu-

1) Pogg. Ann. Bd. LXXIX, S. 418.
2) Ebend. LXXVI, S. 372.

tend kleiner geworden und die Oberfläche der einzelnen Fleischstückchen bildete eine harte Kruste, die das vollständige Trocknen im Wasserbade sehr erschwerte. Es wurde in diesem Zustande durch einen Pistill noch etwas zerdrückt und ein Theil desselben im Luftbade bei 100° C. so lange getrocknet bis kein Gewichtsverlust mehr stattfand, und dieser dann auf die beim Trocknen im Wasserbade erhaltene Menge berechnet. Der auf diese Weise erhaltene Verlust des Fleisches betrug 79,55 Proc.

Wäfsriger Auszug.

Das getrocknete Fleisch wurde im silbernen Kessel mit heifsem Wasser extrahirt, darauf abfiltrirt und mit heifsem Wasser ausgesüfst. Es hatte dabei ganz sein früheres Volumen und seine faserige Structur wieder angenommen. Die Fleischbrühe war von dunkelbrauner Farbe, sie wurde zur Trockne eingedampft und die dabei halb verkohlte Masse bei mäfsiger Temperatur beim Ausschlufs der Luft vollständig verkohlt. Die erhaltene Kohle, welche nur von geringer Menge war, wurde fein zerrieben, mit heifsem Wasser ausgezogen und ausgewaschen. Die vollkommen farblose Flüssigkeit reagirte stark alkalisch; sie wurde zur Trockne eingedampft und schwach geglüht.

Die rückständige Kohle liefs sich leicht beim Zutritt der Luft verbrennen, sie hinterliefs nur wenige Centigramme Asche, welche mit den vorher erhaltenen Bestandtheilen des wäfsrigen Auszugs vereinigt wurden. Das ganze Gewicht der Asche vom wäfsrigen Auszuge des Fleisches betrug 16,122 Grm.

Um die Resultate der nach den beiden verschiedenen Methoden ausgeführten Analysen besser mit einander vergleichen zu können, sind die Resultate der früheren von mir ausgeführten Untersuchung der Asche des Pferdefleisches (Pogg. Ann. Bd. LXXVI, 372), welche nach der Methode der Verkohlung angestellt wurde, hier wieder mit angeführt.

A ist das nicht verkohlte, *B* das verkohlte Pferdefleisch.

	nach *A.*	*B.*
Na Cl	= 9,37 Proc.	3,43 Proc.
K̇	= 38,01 -	48,19 -
Ṅa	= 6,37 -	5,18 -
Ċ	= 0,99 -	— -
Ṁg	= 1,56 -	— -
F̈e	= 0,67 -	— -
P̈	= 43,12 -	41,68 -
S̈	= — -	0,71 -
	100,09.	99,19.

In *A* ist die Phosphorsäure mit den Basen theils zu zweibasischen, theils zu dreibasischen Salzen verbunden, deren letzteres Vorhandenseyn schon aus der stark alkalischen Reaction des wäfsrigen Auszugs hervorgeht.

In *B* konnte nur ($\dot{K}^2$ und $\dot{Na}^2$) + $\ddot{P}$ berechnet werden, der wäfsrige Auszug der Kohle reagirte auch neutral.

Chlorwasserstoffsaurer Auszug.

Das mit Wasser extrahirte Fleisch wurde mit Salzsäure bei mäfsiger Wärme digerirt, darauf filtrirt und mit salzsaurem Wasser ausgesüfst. Das Aussüfsen erforderte eine aufserordentlich lange Zeit, mehrere Wochen, die Fleischfaser war stark aufgequollen und von so schleimiger Beschaffenheit geworden, dafs die Poren des Filtrums ganz verstopft waren. Das Fleisch ging jedoch trotz der langen Zeit, die zum Aussüfsen verwendet werden mufste, nicht in Fäulnifs über. Da zuletzt gar kein Ablaufen der Flüssigkeit mehr stattfand, mufste das Auswaschen unterbrochen werden, obgleich beim Verdampfen des Waschwassers noch ein Rückstand blieb.

Der salzsaure Auszug war von tief dunkelbrauner Farbe. Beim Eindampfen wurde derselbe sehr dickflüssig und gab eine grofse Menge Kohle, die beim Glühen dicke und in grofser Menge aufsteigende Salmiakdämpfe entwickelte. Die rückständige Kohle wurde im verschlossenen Tiegel gut

durchgeglüht, dann fein zerrieben und mit heifsem Wasser ausgezogen und ausgesüfst. Die Flüssigkeit zur Trockne eingedampft, hinterliefs einen bedeutenden Rückstand.

Die Kohle wurde darauf mit Salzsäure extrahirt, ausgewaschen und die Flüssigkeit gleichfalls zur Trockne eingedampft; auch hier blieb ein bedeutender Rückstand. Die nach der Behandlung mit Salzsäure zurückgebliebene Kohle wurde mit Platinchlorid verbrannt und aus dem platinhaltigen Rückstande die Bestandtheile auf bekannte Weise gewonnen. Auch hierbei wurde eine ziemlich bedeutende Menge von Bestandtheilen noch erhalten. Die bei den drei Operationen erhaltenen Bestandtheile wurden vereinigt und zusammen analysirt.

Die Salzsäure hatte folgende Bestandtheile aus dem Fleische aufgenommen, deren Gewichtsmenge aus der Summe der gefundenen Bestandtheile bestimmt 3,495 Grm. betrug.

	nach *A*	*B.*
Kali	26,81 Proc.	26,47 Proc.
Natron	5,66 -	4,36 -
Kalkerde	4,35 -	6,02 -
Magnesia	12,37 -	12,20 -
Eisenoxyd	1,00 -	3,96 -
Phosphorsäure	49,82 -	46,99 -
	100,00.	100,00.

Berechnet man in *A* die Basen mit der Phosphorsäure auf Salze und zwar als pyrophosphorsaure Salze, so zeigt sich ein Verlust von einigen Procenten an Phosphorsäure. Das Resultat ist folgendes:

$$\dot{K}^2\,\dddot{\dot{P}} = 47{,}11 \text{ Proc.}$$
$$\dot{Na}^2\,\dddot{\dot{P}} = 12{,}13 \text{ -}$$
$$\dot{Ca}^2\,\dddot{\dot{P}} = 9{,}86 \text{ -}$$
$$\dot{Mg}^2\,\dddot{\dot{P}} = 33{,}74 \text{ -}$$
$$\dot{Fe}^2\,\dddot{\dot{P}} = 2{,}33 \text{ -}$$
$$105{,}17.$$

Die für diese Salze berechnete Menge der Phosphorsäure beträgt 55,37 Proc. Die Analyse gab nur 49,81 Proc.

Es geht daraus hervor, dafs auch im salzsauren Auszuge ein Theil der posphorsauren Alkalien als dreibasisch phosphorsaure Salze enthalten seyn mufs [1]).

Der Rückstand.

Der nach der Behandlung mit Salzsäure gebliebene Rückstand wurde getrocknet, beim Ausschlufs der Luft verkohlt, die Kohle fein zerrieben und dann mit Wasser ausgekocht und auf dem Filtrum ausgesüfst. Der wäfsrige Auszug zur Trockne eingedampft gab 0,028 Grm. Rückstand. Die Kohle darauf mit verdünnter Salzsäure extrahirt und ausgesüfst gab 0,322 Grm. Die Bestandtheile dieser beiden Auszüge wurden zusammen untersucht und hierbei erhalten:

Kali	9,64 Proc.
Natron	4,22 -
Kalkerde	24,70 -
Magnesia	1,20 -
Eisenoxyd	6,62 -
Phosphorsäure	53,62 -
	100,00.

Die Basen, mit der Phosphorsäure auf Salze berechnet, geben nur pyrophosphorsaure Salze.

Die mit Wasser und Salzsäure ausgezogene Kohle wurde mit Platinchlorid verbrannt. Das Gewicht der nach der Verbrennung erhaltenen Bestandtheile betrug 0,814 Grm. Die Analyse gab

	nach *A*	*B* [2]).
Kali	9,10 Proc.	36,64 Proc.
Natron	3,44 -	4,71 -
Kalkerde	11,05 -	1,88 -
Magnesia	3,93 -	4,36 -
Eisenoxyd	6,14 -	0,76 -
Phosphorsäure	66,34 -	51,65 -
	100,00.	100,00.

In

1) Die in *B* berechneten Salze s. d. Ann. Bd. 76, S. 373.

2) Die aus diesen Bestandtheilen berechneten Salze s. d. Ann. Bd. 76, S. 374.

In *A* geben die Basen mit der Phosphorsäure nur metaphosphorsaure Salze. Die Bestandtheile also, welche Wasser und Salzsäure aus dieser Kohle ausgezogen hatten gehören ihren berechneten Salzen nach zu dem salzsauren Auszuge des Fleisches.

Da das Fleisch beim Extrahiren mit Salzsäure eine so schleimige Masse bildete, bei der es nicht möglich war sie vollständig auszusüfsen, so ist die Aufnahme dieser Bestandtheile in dem salzsauren Auszug um so mehr gerechtfertigt. Der salzsaure Auszug würde dann folgende Zusammensetzung haben:

$\dot{K}$	= 25,21	Proc.
$\dot{Na}$	= 5,48	-
$\dot{Ca}$	= 6,18	-
$\dot{Mg}$	= 11,32	-
$\ddot{Fe}$	= 1,67	-
$\ddot{P}$	= 50,14	-
	100,00.	

In den drei Haupttheilen der Analyse wurden also erhalten

Im wäfsrigen Auszuge	16,176 Grm.	= 77,63	Proc.
im salzsauren -	3,845 -	= 18,45	-
im Rückstande -	0,814 -	= 3,92	-
	20,835.	100,00.	

Die frühere Analyse gab:

Im wäfsrigen Auszuge	42,81	Proc.
im salzsauren -	17,48	-
im Rückstande	39,71	-
	100,00.	

Diese Resultate weichen sehr von einander ab. Bei der Analyse des nicht verkohlten Fleisches hat die Salzsäure fast alle Bestandtheile aufgenommen, welche nach Behandlung des Fleisches mit Wasser noch darin enthalten waren und der Rückstand enthielt nur noch sehr wenig. Bei der

Analyse des verkohlten Fleisches hingegen war die Menge der Bestandtheile, die in der mit Wasser und Säure erschöpften Kohle noch enthalten waren, viel bedeutender.

Nach Vereinigung der bei den drei Theilen der Analyse erhaltenen Bestandtheile ist die Zusammensetzung der Asche des Pferdefleisches folgende:

	A.	*B.*
Chlornatrium	7,21 Proc.	1,47 Proc.
Kali	34,45 -	39,95 -
Natron	6,08 -	4,86 -
Kalkerde	2,33 -	1,80 -
Magnesia	3,46 -	3,88 -
Eisenoxyd	0,98 -	1,00 -
Phosphorsäure	45,21 -	46,74 -
Schwefelsäure	—	0,30 -
	99,72.	100,00.

Die Menge der erhaltenen Asche beträgt 0,85 Proc. im natürlichen Zustande des Fleisches und 4,14 Proc. in seinem bei 100° getrockneten Zustande.

Der wesentlichste Unterschied beider Analysen besteht in dem gröfseren Gehalte des Chlornatriums im nicht verkohlten Fleische. Da beide Analysen nicht mit demselben Fleische ausgeführt sind, so läfst sich nicht entscheiden, ob dieser Unterschied in der Verschiedenheit des Fleisches begründet sey, oder ob bei der Verkohlung des Fleisches Chlornatrium sich verflüchtigt habe.

Dr. F. Keller hat vor einiger Zeit die Asche des Fleisches analysirt [1]), er giebt jedoch nicht an von welchem Thiere das Fleisch genommen ist. In den von ihm erhaltenen Resultaten ist die Menge der Phosphorsäure bedeutend kleiner gefunden worden als in den hier mitgetheilten Analysen, ferner enthält die Asche nach ihm kein Natron, und der Chlorgehalt ist etwas gröfser.

Auch er hat zuerst das frische Fleisch mit Wasser aus-

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 70, S. 91—102.

gezogen, dann aber den Rückstand eingeäschert, und gefunden, dafs die Asche der Fleischbrühe ungefähr $\frac{4}{5}$ von der ganzen Asche des Fleisches beträgt, was mit den von mir gefundenen Resultaten sehr nahe übereinstimmt.

Das Serum und der Blutkuchen des Pferdebluts.

Das aus einer geöffneten Vene eines Pferdes herausströmende Blut wurde in einem grofsen Glashafen aufgefangen und so lange in der Ruhe stehen gelassen bis der Blutkuchen vom Serum sich getrennt hatte. Letzteres wurde dann vorsichtig vom Blutkuchen abgegossen, es bildete eine nur ganz schwach röthlich gefärbte aber klare und durchsichtige Flüssigkeit.

Der Blutkuchen wurde zuerst in eine siebförmig durchlöcherte Porcellanschale gelegt und daselbst so lange liegen gelassen, bis der gröfste Theil des noch darin gebliebenen Serums abgetröpfelt war. Da hierbei das Serum stark roth gefärbt abtröpfelte, so wurde es als unrein fortgeworfen. Der Blutkuchen wurde darauf auf dicke Lagen von Fliefspapier gebracht und dieses so oft erneuert, als es noch stark genäfst wurde. Auf diese Weise wurde auch noch ein grofser Theil des Serums vom Blutkuchen aufgesogen.

Analysen des Serums.

Das Gewicht des auf die vorher beschriebene Weise vom Blutkuchen getrennten Serums betrug 2689,340 Grm. (5 Pfd. 24 Lth.). Das spec. Gew. desselben war bei 12,5° R. 1,290. C. Schmidt[1]) hat das spec. Gew. des Albumins aus Hühnereiern bestimmt und giebt es zu 1,314 an, was mit dem des Serums nahe übereinstimmt.

Beim Erhitzen coagulirte das Serum bei beständigem Umrühren desselben zu schwach gelblich gefärbten Flocken, die von den coagulirten Hühnereiweifs nur wenig Verschie-

1) Ann. der Chem. und Pharm. LXI., S. 156. Pharm. Centr. 1847, S. 456. Jahresbericht der Chemie und Physik von Liebig und Kopp 1847 — 1848. S. 837.

denheit zeigten. Die coagulirte Masse wurde im Wasserbade getrocknet, sie schwand dabei auf ein sehr kleines Volumen zusammen und bildete nach dem Trocknen wie das Hühnereiweifs eine dem äufseren Ansehen und der Härte dem Bernstein sehr ähnliche Masse. Das Serum wurde so lange bei 100° erhitzt, bis es sein Gewicht nicht mehr veränderte. Das Gewicht des erhaltenen Rückstandes betrug 244,452 Grm. Der Verlust also, den es beim Trocknen erlitten hatte 2444,888 Grm. d. i. 90,91 Proc. Wasser. Das Serum unterscheidet sich in dieser Beziehung nur wenig vom Hühnereiweifs, welches 86,86 Proc. Wasser enthielt.

Wäfsriger Auszug.

A. Des nicht verkolten Serums.

Von dem bei 100° getrockneten Serum wurden 121,56 Grm. mit heifsem Wasser ausgekocht, dann filtrirt und auf dem Filtrum so lange mit heifsem Wasser ausgesüfst, bis ein bedeutender Theil des Waschwassers, ungefähr 8—10 Unzen desselben in der Platinschale abgedampft, beim Verbrennen der rückständigen Kohle keinen Rückstand hinterliefs.

Der erhaltene wäfsrige Auszug war schwach gelblich gefärbt; er wurde zur Trockne eingedampft, der Rückstand im bedeckten Platintiegel verkohlt, und die hierbei erhaltene nur geringe Menge von Kohle fein zerrieben und mit heifsem Wasser ausgezogen und ausgesüfst. Der wäfsrige Auszug dieser Kohle reagirte alkalisch, er wurde zur Trockne verdampft und der Rückstand schwach geglüht. Das Gewicht desselben betrug 9,600 Grm.

Die mit Wasser ausgezogene Kohle wurde mit Salzsäure behandelt, abfiltrirt und ausgesüfst. Da ihre Menge nur sehr gering war, so konnte sie mit Leichtigkeit beim Zutritt der Luft verbrannt werden. Es blieb dabei kein Rückstand.

Der salzsaure Auszug dieser Kohle gab in der Summe der gefundenen Bestandtheile 0,067 Grm., bestehend aus

Kali	= 14,92	Proc.
Natron	= 38,81	-
Kalkerde	= 20,89	-
Magnesia	= 4,48	-
Eisenoxyd	= 4,48	-
Phosphorsäure	= 16,42	-
	100,00.	

Die bei der Untersuchung des wäfsrigen Auszugs erhaltene procentische Zusammensetzung desselben war folgende:

Chlornatrium	= 81,92	Proc.
Kali	= 2,56	-
Natron	= 7,66	-
Phosphorsäure	= 0,54	-
Schwefelsäure	= 2,36	-
Kohlensäure	= 4,96	-
	100,00.	

B. Das verkohlte Serum.

Die zur Untersuchung angewandte Menge des bei 100° getrockneten Serums betrug 121,56 Grm. Es wurde auf die bekannte Weise beim Ausschlufs der Luft in einem grofsen Platintiegel verkohlt, und die Kohle mit Wasser extrahirt. Der erhaltene wäfsrige Auszug reagirte alkalisch. Um die bei der Verkohlung kaustisch gewordenen Alkalien wieder in kohlensaure überzuführen wurde Kohlensäuregas durch die Flüssigkeit geleitet, diese darauf zur Trockne eingedampft und der Rückstand geglüht. Er gab 9,513 Grm., seine Zusammensetzung ist die unter *B* angeführte.

Bei der Zusammensetzung des wäfsrigen Auszugs von *A* sind die kleinen Mengen der Bestandtheile mit aufgenommen, welche nach Behandlung der erhaltenen Kohle mit Wasser in derselben geblieben, und die erst durch Salzsäure ausgezogen waren.

Das erhaltene Gewicht des wäfsrigen Auszuges betrug hiernach bei

A = 9,667 Grm. und bei
B = 9,513 -

Die aus den gefundenen Bestandtheilen berechnete Zusammensetzung beider wäfsrigen Auszüge ist folgende;

	A.	*B.*
Chlornatrium	81,32 Proc.	70,52 Proc.
Kali	2,64 -	2,34 -
Natron	7,87 -	14,00 -
Kalkerde	0,14 -	— -
Magnesia	0,03 -	— -
Eisenoxyd	0,03 -	— -
Phosphorsäure	0,65 -	0,27 -
Schwefelsäure	2,34 -	2,02 -
Kohlensäure	4,90 -	9,40 -
Kieselsäure	— -	0,13 -
	99,91.	98,68.

Aus diesen Bestandtheilen lassen sich folgende Salze berechnen

	A.	*B.*	
$\dot{Na}\,\dot{Cl}$ =	81,32 Proc.	70,52 Proc.	
$\dot{Na}^3\,\dddot{\dot{P}}$ =	1,11 -	0,62 -	
$\dot{Na}\,\ddot{C}$ =	12,35 -	22,75 -	
$\dot{K}\,\ddot{S}$ =	4,88 -	4,39 -	
$\dot{Ca}^3\,\dddot{\dot{P}}$ =	0,26 -	0,39 -	$\dot{Na}^3\,\dddot{Si}$
$\dot{Mg}^3\,\dddot{\dot{P}}$ =	0,06 -	98,68.	
$\dddot{Fe}\,\dddot{\dot{P}}$ =	0,05 -		
	100,03.		

Vergleicht man die nach beiden Methoden der Analyse erhaltenen Resultate, so findet man, dafs der wesentlichste Unterschied beider nur im Chlorgehalte beruht. Beim Ausziehen des nicht verkohlten Serums ist mehr Chlornatrium erhalten worden als bei der Behandlung des verkohlten Serums mit Wasser. Eine Verflüchtigung des Chlornatriums kann aber bei der Verkohlung des Serums nicht stattgefunden haben, sondern es mufs Chlor dabei ausgetrieben worden seyn, wofür auch der im wäfsrigen Auszuge des verkohlten Serums enthaltene gröfsere Natrongehalt spricht. Berechnet man diesen Ueberschufs des Natrons als Chlor-

natrium, so ist die im wäfsrigen Auszuge des verkohlten Serums enthaltene Menge desselben beinahe dieselbe wie im nicht verkohlten. Der Verlust an Chlor ist bei der Behandlung des wäfsrigen Auszuges mit Kohlensäuregas durch Kohlensäure ersetzt worden, daher ist auch der Gehalt derselben gröfser als im nicht verkohlten Serum.

Chlorwasserstoffsaurer Auszug.

A. Des nicht verkohlten Serums.

Das mit Wasser extrahirte Serum wurde einige Tage mit sehr verdünnter Salzsäure digerirt, dann filtrirt und mit salzsäurehaltigem Wasser so lange ausgewaschen, bis ungefähr 8 — 10 Unzen des Waschwassers in einer Platinschale eingedampft und die dabei erhaltene geringe Menge von Kohle, verbrannt, keinen Rückstand hinterliefs.

Der erhaltene salzsaure Auszug wurde zur Trockne gebracht, beim Trocknen verkohlte die Masse, sie wurde im bedeckten Platintiegel geglüht. Die Menge der hierbei erhaltenen Kohle war sehr gering. Sie wurde mit Salzsäure extrahirt und ausgewaschen; die Flüssigkeit zur Trockne eingedampft und geglüht gab 1,580 Grm. Rückstand. Die ausgezogene Kohle beim Zutritt der Luft verbrannt hinterliefs 0,044 Grm. Rückstand. Beide wurden vereinigt untersucht. Die Summe der gefundenen Bestandtheile gab nur 0,950 Grm. Da beim Gange der Untersuchung aufser den gefundenen basischen Bestandtheilen nur Phosphorsäure erhalten wurde, so kann der Verlust bei der directen Gewichtsbestimmung des salzsauren Auszugs nur von Chlor herrühren, und da die Menge der gefundenen Phosphorsäure nicht sehr grofs ist, so mufs der gröfste Theil der Basen als Chlormetalle im salzsauren Auszuge enthalten gewesen seyn.

B. Salzsaurer Auszug des verkohlten Serums.

Die in demselben gefundene Menge der Bestandtheile betrug 0,318 Grm. Die Zusammensetzung der beiden salz-

sauren Auszüge des nicht verkohlten und des verkohlten Serums gab fogendes Resultat:

	A.	*B.*
Kali	= 3,90 Proc.	11,95 Proc.
Natron	= 58,84 -	38,67 -
Kalkerde	= 23,47 -	22,96 -
Magnesia	= 2,74 -	1,26 -
Eisenoxyd	= 1,26 -	2,52 -
Phosphorsäure	= 9,79 -	22,64 -
	100,00.	100,00.

Der Rückstand.

A. Das nicht verkohlte Serum.

Der nach der Extraction mit Salzsäure erhaltene Rückstand des Serums wurde getrocknet und dann im Platintiegel verkohlt. Die erhaltene Kohle wurde zerrieben und dann zuerst mit Wasser ausgekocht und ausgesüfst. Die Flüssigkeit zur Trockne eingedampft gab 0,004 Grm. Rückstand. Die mit Wasser ausgezogene Kohle mit Salzsäure behandelt gab nach dem Verdampfen der erhaltenen Flüssigkeit 0,010 Grm. Rückstand. Die zurückgebliebene Kohle wurde mit Platinchlorid verbrannt, die Asche aus dem Platin ausgezogen und mit den erhaltenen Rückständen des wäfsrigen und salzsauren Auszugs der Kohle vereinigt untersucht.

Die Summe der gefundenen Bestandtheile gab 0,173 Grm.

B. Das verkohlte Serum.

Die mit Wasser und Salzsäure ausgezogene Kohle des verkohlten Serums wurde mit Platinchlorid verbrannt. Die Untersuchung gab nach Entfernung des Platins 0,457 Grm. Asche.

Die Zusammensetzung beider Rückstände *A* des nicht verkohlten und *B* des verkohlten Serums ist folgende:

	A.	*B.*
Kali	14,45 Proc.	5,91 Proc.
Natron	43,35 -	25,38 -
Kalkerde	5,20 -	30,42 -
Magnesia	— -	4,81 -
Eisenoxyd	7,52 -	3,29 -
Phosporsäure	17,92 -	27,13 -
Kieselsäure	11,56 -	3,06 -
	100,00.	100,00.

Auch bei der Untersuchung des nicht verkohlten Serums zeigt sich wieder die Erscheinung, die schon beim Eiweifs bemerkt wurde, nämlich, dafs die Kieselsäure nur in dem nach der Behandlung des Serums mit Wasser und Salzsäure erhaltenen Rückstand enthalten ist, während sie bei der Untersuchung des verkohlten Serums schon im wäfsrigen Auszuge der Kohle, obgleich nur in geringer Menge, enthalten war. Die Ursache hiervon ist beim Eiweifs schon angeführt worden.

In den drei Theilen beider Untersuchungen des Serums wurde also erhalten

A. Im nicht verkohlten Serum

im wäfsrigen Auszuge	9,667 Grm.	=	89,60 Proc.
im salzsauren -	0,950 -	=	8,80 -
im Rückstande -	0,173 -	=	1,60 -
	10,790		100,00,

d. i. 0,80 Proc. Asche in dem natürlichen wasserhaltigen und 8,87 Proc. Asche in dem bei 100° getrockneten Zustande des Serums.

B. Im verkohlten Serum:

im wäfsrigen Auszuge	9,513 Grm.	=	92,47 Proc.
im salzsauren -	0,318 -	=	3,09 -
im Rückstand -	0,457 -	=	4.44 -
	10,288.		100,00.

Die Menge der hierbei erhaltenen Asche beträgt 0,75 Proc. im wasserhaltigen und 8,34 Proc. in dem bei 100° getrockneten Zustande.

Die etwas geringere Menge der Asche, die bei der Untersuchung des verkohlten Serums erhalten worden ist, mufs von einem Verlust an Chlor herrühren, das bekanntlich im salzsauren Auszuge und im Rückstand der Kohle nicht bestimmt werden konnte, während beim nicht verkohlten Serum die alkalischen Chlormetalle viel vollständiger durch Wasser ausgezogen wurden, obgleich auch hierbei noch geringe Mengen von alkalischen Chlormetallen zurückblieben, deren Chlor nicht bestimmt einen kleinen Verlust verursacht hat.

Die in den drei Theilen der Untersuchung gefundenen Bestandtheile gaben, nach ihrer Vereinigung, folgende Zusammensetzung der Asche des Serums.

A. Das nicht verkohlte
B. Das verkohlte
} Serum.

	A.	*B.*
Chlornatrium	72,88 Proc.	65,21 Proc.
Kali	2,95 -	2,80 -
Natron	12,93 -	15,27 -
Kalkerde	2,28 -	2,06 -
Magnesia	0,27 -	0,25 -
Eisenoxyd	0,26 -	0,22 -
Phosphorsäure	1,73 -	2,15 -
Schwefelsäure	2,10 -	1,86 -
Kohlensäure	4,40 -	8,69 -
Kieselsäure	0,20 -	0,26 -
	100,00.	100,00.

Berechnet man in beiden Fällen das Chlornatrium als Natron und addirt das gefundene Natron dazu, so giebt *A* 51,76 Proc. und *B* 50,48 Proc. Natron, der wesentlichste Unterschied besteht also nur bei *B* in einem Verluste von Chlor.

Das Serum hat eine gröfsere Menge von festen Bestandtheilen gegeben als das Hühnereiweifs, dessen Aschegehalt in seinem natürlichen Zustande 0,71 Proc. und in seinem bei 100° getrockneten Zustande 5,38 Proc. betrug. Auch

die Asche des Serums zeigt bei einigen Bestandtheilen sehr wesentliche Verschiedenheiten von der des Hühnereiweifs. Der auffallendste Unterschied findet im Alkaligehalte statt. Die Asche des Serums enthält vorzüglich Natron und dieses als Chlornatrium und nur eine sehr geringe Menge Kali. Die Asche des Hühnereiweifs enthält viel weniger Chlornatrium und eine bedeutend gröfsere Menge Kali (27,66 Proc.); auch ist ihr Gehalt an Magnesia und Phosphorsäure etwas gröfser als der in der Asche des Serums.

Mehrfach angestellte Untersuchungen des Serums müssen jedoch noch bestätigen, ob die Asche desselben stets eine gleichförmige Zusammensetzung zeigt bei ein und derselben Thiergattung, und ob Verschiedenheiten stattfinden beim Serum anderer Thiere.

Der Blutkuchen.

Der auf die oben beschriebene Weise durch Aufsaugen des Serums aus dem Blutkuchen vermittelst Löschpapier so viel wie möglich vom Serum gereinigte und getrennte Blutkuchen, dessen Gewicht in diesem Zustande 1753,917 Grm. (3 Pfd. 24 Loth) betrug, wurde im Wasserbade getrocknet. Die Stücke des Blutkuchens schrumpften dabei sehr stark zusammen und liefsen sich anfangs leicht auseinanderbrechen, später aber, als der gröfste Theil des Wassers ausgetrieben war, wurden sie auf der Oberfläche so hart, dafs die Masse auf diese Weise nicht weiter getrocknet werden konnte. Das Gewicht des im Wasserbade getrockneten Blutkuchens betrug 682,5 Grm. Hiervon wurde ein kleinerer Theil zerrieben und im Luftbade bei 100° weiter getrocknet. 11,021 Grm. hinterliefsen hierbei 9,340 Grm. Der ganze Verlust den hiernach der Blutkuchen in dem oben angeführten Zustande beim Trocknen erfahren hat, beträgt 1175,517 Grm. = 67,02 Proc. Wasser.

Von den im Wasserbade getrockneten Blutkuchen wurden 340 Grm. unmittelbar mit Wasser behandelt und 335 Grm. zur Verkohlung verwendet.

Untersuchung des nicht verkohlten Blutkuchens.

340 Grm. des im Wasserbade getrockneten Blutkuchens, welche 872,746 Grm. im nicht getrockneten und 288,12 Grm. in den bei 100° getrockneten Zustande entsprechen, wurden mit heifsem Wasser extrahirt und auf dem Filtrum so lange mit heifsem Wasser ausgewaschen, bis eine bedeutende Menge des ablaufenden Waschwassers, ungefähr 6—8 Unzen, in einer Platinschale eingedampft, und die abgeschiedene Kohle beim Zutritt der Luft verbrannt, keinen Rückstand hinterliefs. Der wäfsrige Auszug war von weinrother Farbe; er wurde zur Trockne verdampft, der Rückstand beim Ausschlufs der Luft in einem Platintiegel verkohlt, die Kohle fein zerrieben, mit heifsem Wasser ausgekocht und ausgesüfst. Die erhaltene Flüssigkeit reagirte alkalisch, zur Trockne eingedampft gab sie 5,406 Grm. Rückstand.

Die mit Wasser extrahirte Kohle, deren Menge nicht sehr bedeutend war und sich leicht beim Zutritt der Luft verbrennen liefs, gab 0,080 Grm. Rückstand; er bestand aus:

Kali	25,00	Proc.
Kalkerde	22,50	-
Magnesia	10,00	-
Eisenoxyd	18,75	-
Phosphorsäure	23,75	-
	100,00.	

Die Bestandtheile des wäfsrigen Auszugs der Kohle waren

Chlorkalium	42,00	Proc.
Chlornatrium	24,41	-
Kali	20,98	-
Phosphorsäure	7,25	-
Schwefelsäure	0,13	-
Kohlensäure	3,05	-
	97,82.	

Die Bestandtheile des wäfsrigen und salzsauren Auszuges der Kohle geben, nachdem sie addirt, die Zusammensetzung des wäfsrigen Auszuges des nicht verkohlten Blut-

kuchens. Das Gewicht desselben beträgt 5,486 Grm. und die Zusammensetzung desselben ist:

Chlorkalium	41,40	Proc.
Chlornatrium	24,06	-
Kali	21,03	-
Kalkerde	0,33	-
Magnesia	0,15	-
Eisenoxyd	0,28	-
Phosphorsäure	7,49	-
Schwefelsäure	0,13	-
Kohlensäure	3,00	-
	97,87.	

Salzsaurer Auszug.

Der mit Wasser extrahirte Blutkuchen wurde ungefähr 10 Tage mit stark verdünnter Salzsäure digerirt, dann filtrirt und mit salzsaurem Wasser ausgewaschen, bis ein bedeutender Theil des Waschwassers in der Platinschale eingedampft und die ausgeschiedene Kohle beim Zutritt der Luft verbrannt, keinen Rückstand hinterliefs. Es war nicht möglich dahin zu gelangen, dafs das Waschwasser farblos ablaufe. Der salzsaure Auszug war von viel dunklerer Farbe als der wäfsrige, er war fast undurchsichtig. Beim Eindampfen zur Trockne gab er eine aufserordentlich grofse Menge von Kohle. Der erhaltene kohlige Rückstand wurde im verschlossenen Platintiegel durchgeglüht, die Kohle dann fein zerrieben, mit Wasser ausgekocht und ausgesüfst. Das Extract der Kohle zur Trockne verdampft gab 0,708 Grm. Rückstand.

Die mit Wasser behandelte Kohle wurde mit Salzsäure digerirt, abfiltrirt und mit salzsaurem Wasser ausgesüfst. Das Extract zur Trockne eingedampft gab 0,470 Grm. Rückstand.

Die mit Salzsäure erschöpfte Kohle wurde getrocknet und mit Platinchlorid verbrannt. Der nach Entfernung des Platins hierbei erhaltene Rückstand betrug 0,495 Grm.

Die drei Theile von der Behandlung der Kohle des

salzsauren Auszugs des Blutkuchens wurden vereinigt untersucht. Bei der Untersuchung gab die Summe der gefundenen Bestandtheile 1,249 Grm.

Da der mit Wasser erschöpfte Blutkuchen mit Salzsäure behandelt worden war, so mufste natürlich auch ein Theil der Bestandtheile als Chlormetalle darin enthalten seyn, deren Chlor nicht bestimmt, das Gewicht der erhaltenen Rückstände bei der Behandlung des verkohlten Auszugs mit Auflösungsmitteln erhöhte.

Die aus den gefundenen Bestandtheilen des salzsauren Auszugs des nicht verkohlten Blutkuchens berechnete Zusammensetzung giebt folgendes Resultat:

Kali	38,59	Proc.
Natron	18,17	-
Kalkerde	13,21	-
Magnesia	2,16	-
Eisenoxyd	6,16	-
Phosphorsäure	19,87	-
Kieselsäure	1,84	-
	100,00.	

Aus der nicht sehr bedeutenden Menge von Phosphorsäure geht hervor, dafs beim Behandeln des Blutkuchens mit Wasser ein grofser Theil der Alkalien als Chloralkalien nicht extrahirt worden ist, ein Schlufs, der um so mehr zu machen ist, da die Chloralkalien im wäfsrigen Auszuge in so bedeutender Menge vorhanden sind.

Der Rückstand.

Der mit Salzsäure erschöpfte Rückstand des Blutkuchens wurde nun getrocknet und beim Ausschlufs der Luft im Platintiegel verkohlt; die Kohle zerrieben und mit Wasser ausgekocht und ausgesüfst, gab nach dem Verdampfen der Flüssigkeit einen Rückstand von 0,006 Grm. Die Kohle darauf mit Salzsäure erhitzt und ausgesüfst, gab nach dem Verdampfen der erhaltenen Flüssigkeit einen Rückstand von 0,048 Grm. Die mit Salzsäure erschöpfte Kohle mit Pla-

tinchlorid verbrannt gab, nach Entfernung des Platins, 1,335 Grm. Asche.

Alle drei bei der Behandlung der Kohle erhaltenen Rückstände wurden vereinigt untersucht. Die bei der Untersuchung gefundene Gewichtssumme der Bestandtheile betrug 0,985 Grm. Auch hierbei ist die Summe der Gewichte der drei zur Trockne eingedampften Rückstände gröfser als die Gewichtssumme der gefundenen Bestandtheile, da auch hier ein Theil der Basen an Chlor gebunden in den eingedampften Rückständen enthalten war. Die aus den gefundenen Bestandtheilen berechnete Zusammensetzung vom Rückstande des Blutkuchens ist hiernach folgende:

Kali	6,50	Proc.
Natron	4,36	-
Kalkerde	1,32	-
Magnesia	0,51	-
Eisenoxyd	71,17	-
Phosphorsäure	15,23	-
Kieselsäure	0,91	-
	100,00.	

Untersuchung des verkohlten Blutkuchens.

335 Grm. des im Wasserbade getrockneten Blutkuchens, welche 860,897 Grm. im nicht getrockneten, 283,90 Grm. in dem bei 100° getrockneten Zustande entsprechen, wurden zuerst in einer Platinschale und dann im Platintiegel verkohlt und die Kohle fein zerrieben.

Wäfsriger Auszug der Kohle.

Der wäfsrige Auszug reagirte alkalisch. Um den bei der Verkohlung reducirten kohlensauren Alkalien wieder ihre Kohlensäure zuzuführen, wurde durch die Flüssigkeit Kohlensäuregas geleitet und diese dann zur Trockne eingedampft; sie gab 4,373 Grm. Rückstand. Derselbe bestand aus:

Chlorkalium	10,40	Proc.
Chlornatrium	27,49	-
Kali	41,73	-
Phosphorsäure	7,22	-
Schwefelsäure	0,05	-
Kohlensäure	12,58	-
	99,47.	

Der wäfsrige Auszug der Kohle unterscheidet sich sehr bedeutend von dem des nicht verkohlten Blutkuchens durch die viel geringere Menge vom Chlorkalium und durch die weit gröfsere des Kalis, während die übrigen Bestandtheile beider Auszüge mehr mit einander übereinstimmen.

Salzsaurer Auszug der Kohle.

Die Gewichtssumme der im salzsauren Auszuge gefundenen Bestandtheile betrug 0,466 Grm. er bestand aus:

Kali	37,55	Proc.
Natron	25,32	-
Kalkerde	6,87	-
Magnesia	3,21	-
Eisenoxyd	8,38	-
Phosphorsäure	17,60	-
Kieselsäure	1,07	-
	100,00.	

Die rückständige Kohle.

Diese wurde mit Platinchlorid verbrannt. Das Gewicht der hierbei gefundenen Bestandtheile betrug 2,498 Grm. Die Zusammensetzung dieses Rückstandes war folgende:

Kali	33,07	Proc.
Natron	7,60	-
Kalkerde	6,00	-
Magnesia	0,92	-
Eisenoxyd	30,03	-
Phosphorsäure	51,38	-
Kieselsäure	1,00	-
	100,00.	

Das

Das hierbei erhaltene Eisenoxyd wurde nach der Salm-Horstmar'schen Methode auf einem Gehalt von Mangan geprüft, aber ganz frei davon befunden.

In den drei Theilen beider Untersuchungen des Blutkuchens wurde also erhalten:

Beim nicht verkohlten Blutkuchen

im wäfsrigen Auszuge	5,486	Grm.	=	71,06 Proc.
im salzsauren -	1,249	-	=	16,18 -
im Rückstande -	0,985	-	=	12,76 -
	7,720	-	=	100,00,

d. i. 0,88 Proc. Asche im nicht getrockneten und 2,68 Proc. Asche im getrockneten Zustande des Blutkuchens.

Beim verkohlten Blutkuchen

im wäfsrigen Auszuge	4,373	Grm.	=	59,60 Proc.
im salzsauren -	0,466	-	=	6,35 -
im Rückstande -	2,498	-	=	34,05 -
	7,337	-	=	100,00,

d. i. 0,85 Proc. Asche im nicht getrockneten und 2,58 Proc. Asche im getrockneten Zustande des Blutkuchens.

Die Gewichtssumme der gefundenen Bestandtheile der ganzen Asche ist beim nicht verkohlten Blutkuchen 7,603 Grm. und beim verkohlten Blutkuchen 7,314 Grm. Die hieraus berechnete Zusammensetzung der ganzen Asche beider Untersuchungen ist folgende:

	Im nicht verkohlten Blutkuchen.	Im verkohlten Blutkuchen.
Chlorkalium	29,87 Proc.	6,22 Proc.
Chlornatrium	17,36 -	16,43 -
Kali	22,36 -	38,64 -
Natron	3,55 -	4,21 -
Kalkerde	2,58 -	2,49 -
Magnesia	0,53 -	0,52 -
Eisenoxyd	10,43 -	10,79 -
Phosphorsäure	10,64 -	12,74 -
Schwefelsäure	0,09 -	0,03 -
Kohlensäure	2,17 -	7,52 -
Kieselsäure	0,42 -	0,41 -
	100,00.	100,00.

Vergleicht man die Zusammensetzung beider Untersuchungen, so sieht man, dafs ein aufserordentlicher Unterschied in dem Gehalte der Chlormetalle beider stattfindet. Durch das Extrahiren mit Wasser ist beim nicht verkohlten Blute eine weit gröfsere Menge von Chlorkalium ausgezogen worden als aus der Kohle des Blutkuchens, was auch schon aus der Zusammensetzung der wäfsrigen Auszüge beider Untersuchungen ersichtlich war. Die Menge des Chlorkaliums, welche durch das Wasser aus dem verkohlten Blutkuchen nicht ausgezogen werden konnte, wurde durch die Kohle zurückgehalten. Da diese dann mit Salzsäure behandelt wurde, so konnte natürlich das Chlor der in der Kohle gebliebenen Chloralkalien nicht bestimmt werden. Die Zusammensetzung der ganzen Asche zeigt aber, dafs in der des verkohlten Blutkuchens die Menge des gefundenen Kalis um so viel gröfser ist, als die dem Kali entsprechende Menge des fehlenden Chlorkaliums beträgt. Berechnet man in beiden Aschen die ganze Menge der Alkalien als reine Alkalien, so giebt diefs folgendes Resultat:

Im nicht verkohlten Blutkuchen.

Kali	41,25 Proc.
Natron	12,80 -

Im verkohlten Blutkuchen.

Kali	42,57 Proc.
Natron	12,96 -

Man sieht hieraus, dafs die Menge der in der Asche enthaltenen Alkalien bei beiden Untersuchungen übereinstimmt, dafs aber der Chlorgehalt in der Asche des verkohlten Blutkuchens viel zu gering gefunden worden ist.

Vergleicht man die Zusammensetzung der Asche des Serums mit der des Blutkuchens, so sieht man, dafs der Hauptbestandtheil der ersteren das Chlornatrium ist, während die Asche des Blutkuchens vorzüglich Kali enthält.

Da es nicht gut möglich ist den Blutkuchen ganz frei vom Serum darzustellen, so kann nicht mit Gewifsheit entschieden werden, ob der Chlornatriumgehalt des Blutku-

chens demselben angehört, oder ob er von der Verunreinigung des Serums herrührt.

Die Resultate der Asche des Blutkuchens können keine Uebereinstimmung zeigen mit den Resultaten der Asche anderer Blutsorten, da bei dieser Untersuchung der Blutkuchen vom Serum getrennt worden war, während bei allen bisher angestellten Blutanalysen dieſs nicht geschehen und das ganze Blut gewöhnlich der Untersuchung unterworfen worden ist.

V. *Ueber die magnetischen Axen der Krystalle und ihre Beziehung zur Krystallform und zu den optischen Axen; von Plücker und Beer.*

Einleitung.

1. An die Entdeckung Faraday's, daſs der Magnet auf alle Körper der Natur einwirkt, knüpft sich die neue Thatsache, daſs diese Einwirkung in eigenthümlicher Weise sich dann modificirt, wenn der Körper ein krystallisirter ist.

2. Nach Faraday theilen sich die Körper in zwei groſse Klassen, in magnetische und in diamagnetische. Ich betrachte die von ihm in ihrem Zusammenhange zuerst beschriebenen diamagnetischen Erscheinungen, gerade so wie die magnetischen, als Inductions-Erscheinungen, nur mit dem Unterschiede, daſs bei der Induction magnetischer Substanzen, der Nordpol einen Südpol, der Südpol einen Nordpol in seiner Nähe hervorruft, bei der Induction diamagnetischer Substanzen aber der Nordpol einen Nordpol, der Südpol einen Südpol. In die Sprache der Ampère'schen Theorie übersetzt, kommt dieſs darauf hinaus, daſs in magnetischen Substanzen Molecularströme hervortreten, die mit

dem inducirenden Strome gleiche Richtung haben, in diamagnetischen Substanzen aber Ströme von entgegengesetzter Richtung. Wenn es uns gelänge, in einem diamagnetischen Körper die Inductionsströme dauernd zu fixiren, wie dieses in dem Falle des magnetischen Stahles uns geboten ist, so wäre ein solcher permanenter Diamagnet von einem permanenten Magnete in keiner Weise mehr zu unterscheiden: Magnetismus und Diamagnetismus sind identisch dasselbe. Nur die Hervorrufung beider ist verschieden: magnetische und diamagnetische Induction sind entgegengesetzt. Ich habe diese Ansicht in einer der Königl. niederländischen Societät übergebenen Abhandlung (December 1849) ausgeführt und namentlich, worauf es hier besonders ankommt, die diamagnetische Polarität, wie früher schon von den HH. Reich, Weber, Poggendorff und von mir selbst geschehen, durch neue aus verschiedenen Gesichtspunkten angestellte Versuche begründet.

3. In eben derselben Abhandlung sind Versuche für die Ansicht mitgetheilt worden, dafs die Coërcitivkraft, welche bei verschiedenen magnetischen Substanzen sehr verschieden ist, auch bei der diamagnetischen Induction in Betracht kommen mufs, und hier verhältnifsmäfsig *gröfser* ist als bei der magnetischen Induction. Die Coërcitivkraft zeigt sich insbesondere darin, dafs einmal erlangte Polarität nicht zugleich mit der inducirenden Wirkung aufhört. Ich habe dieses beim Wismuth nachgewiesen. Die Coërcitivkraft giebt sich andererseits dadurch kund, dafs wenn sie einem Körper in höherem Grade zukommt, derselbe einem stärkeren magnetischen Pole oder dem Pole in gröfserer Nähe ausgesetzt werden mufs, um eben so stark magnetisch oder diamagnetisch inducirt zu werden, als ein anderer Körper mit geringerer Coërcitivkraft. Und somit erklärt sich einfach das auf experimentalem Wege wohl begründete Gesetz, dafs die magnetische Induction mit der Stärke des Poles und folglich auch mit der Entfernung von demselben langsamer abnimmt, als die diamagnetische Induction: ein Gesetz, das auch in den weiter un-

ten beschriebenen Versuchen vielfach sich geltend machen wird.

4. Was die Modificationen betrifft, welche die Krystallisation bei der magnetischen und diamagnetischen Induction hervorbringt, so mufs ich hier zu dem Standpunkte der Frage zurückgehen, wie er in dem Programm der hiesigen Universität vom 3. August 1849, das unter andern auch in den *Annales de Chimie et Physique*, vollständig übersetzt, Aufnahme gefunden hat, sich findet. Hier ist ausgesprochen, dafs in Krystallen des tesseralen Systems die gewöhnliche magnetische oder diamagnetische Wirkung des Magneten nicht modificirt wird, dafs in optisch einaxigen Krystallen die optische Axe, je nachdem der Krystall positiv oder negativ ist, angezogen oder abgestofsen werde, dafs in optisch zweiaxigen Krystallen diese Anziehung oder Abstofsung auf beide Axen sich erstrecke. Nicht ohne Verwahrung schrieb ich die letzten Behauptungen nieder. Einestheils war ich mir wohl bewufst, das beigemischtes fremdes Eisen das Resultat einiger Beobachtungen, aus denen ich Folgerungen gezogen hatte, herbeigeführt haben konnte; andererseits bot sich eine theoretische Schwierigkeit darin dar, dafs die Eintheilung der zweiaxigen Krystalle in positive und negative keine wesentliche ist, und der Unterschied bei Krystallen, deren optische Axen auf einander senkrecht stehen ganz verschwindet; endlich führte ich Eisenvitriol als ein Moment gegen das hypothetische Gesetz an. So versuchte ich denn an die Stelle desselben, die andere Hypothese zu setzen, dafs eine Wirkung auf die drei Fresnel'schen Elasticitäts-Axen stattfinde. Ich schalte die eigenen Worte des Programms hier ein.

Rejecta aliquamdiu hypothesi a nobis de actione magnetis in axes opticos posita (namque si invenire velis, ne anxius interpretationem iam a te inventa explicantem retineas, vide) nobis problema proposuimus annon, pro illa hypothesi, phaenomena expliare possent e sola aetheris in crystallis distributione a Fresnel exposita. Etenim illa linea media in crystallis positivis, in quibus attrahitur,

minimae, atque in negativis, in quibus repellitur, maximae elasticitatis est axis. Corpus fingamus inter polos ita suspensum, ut circum gravitatis centrum ei libere rotandi data sit facultas, atque circum idem centrum notam illam ellipsoïdicam superficiem descriptam, cuius radii vectores elasticitatum quadratis sunt aequi. Nonne, fortasse quaeris, tale corpus ita dirigitur ut minimus ellipsoïdis axis cum linea concidat polos coniugente? Nonne si circum verticalem tantum axem torqueri potest, eum situm petit, quo elasticitatis minoris directiones ante ceteras polis adversae sunt.... Itaque haec hypothesis est relinquenda (*p.* 21).

Auch mit Berücksichtigung der seitdem hervorgetretenen neuen Gesichtspunkte, bleibt es ein vergeblicher Versuch, die nach verschiedenen Richtungen verschiedene magnetische Wirkung unmittelbar der verschiedenen Dichtigkeit des Aethers nach diesen Richtungen zuzuschreiben. Die Nothwendigkeit war mir damals schon fühlbar und wurde es seitdem immer mehr, die frühern Beobachtungen wieder aufzunehmen und dabei alle Rücksichten anzuwenden, welche dadurch geboten waren, dafs seitdem manches Licht über die magnetischen und diamagnetischen Erscheinungen sich verbreitet hatte. Die Thatsachen, welche mich zu meiner Hypothese veranlafst hatten, mufsten vervielfältigt und durch neue optische uud magnetische Versuche unumstöfslich festgestellt werden.

5. Bevor aber war die Natur der Kräfte genauer zu ermitteln, durch welche die beobachteten Erscheinungen hervorgebracht wurden. Ich habe die Frage im Programm mit aller Bestimmtheit gestellt, aber eine Antwort darauf lag damals nicht vor. Woher kommt es, dafs eine Turmalinsäule, horizontalschwingend zwischen den beiden Polspitzen aufgehängt, bei geringerer Entfernung der Pole angezogen wird; bei gröfserer Entfernung aber, vor den Polen flieht, ohne dafs sie aufhört, der Masse nach, von ihnen angezogen zu werden. Der Schwerpunkt jeder Hälfte entfernt sich möglichst weit von den Polen, wenn die Turmalinsäule in ihrer Mitte aufgehängt wird; wenn sie sich um

einen ihrer Endpunkte dreht, entfernt sich der Schwerpunkt des Ganzen von dem nähern, stärker anziehenden Pole.

6. Also zuvörderst Anziehung der Masse eines Krystalls und Abstofsung einer bestimmten Richtung in demselben. Es ist dieses der Ausdruck für die Erscheinung, wie sie sich uns darstellt. Ganz identisch damit ist es, wenn wir sagen, der Krystall wird nach verschiedenen Richtungen mit verschiedener Kraft angezogen; denn eine solche Wirkung läfst sich, mechanisch, in eine gleichmäfsige Anziehung der ganzen Masse und die Anziehung oder Abstofsung einer Richtung zerlegen. Dadurch wird kein Jota mehr erklärt, so lange wir nicht auf die Natur der dabei wirksamen Kräfte eingehen.

Die HH. Knoblauch und Tyndal, die ihre Arbeiten über das magnetische Verhalten krystallisirter Körper in diesen Annalen so wie in zwei Abhandlungen im *Philosophical Magazine* dargelegt haben, sehen aber in einer solchen verschiedenen Anziehung einen, meiner Anschauungsweise widersprechenden, Erklärungsgrund der fraglichen Erscheinungen. Ich meinerseits habe im Programm dieselbe modificirte Auffassung mit denselben Worten früher schon zur Sprache gebracht.

Quo modo enim phaenomena explicare vis? Non displiceret nobis ponere, in aethere gyros Ampericos inductione, una aut altera directione, circum axes facilius et validiores nasci, aut quod idem, crystallum inductione magneticum, polos secundum axium opticorum directionem adipisci: nisi haec nova videndi ratio etiam attractionem aut repulsionem massae posceret, solo axium situ mutatam. Quae actio diversa non observatur.

7. Die letzte Behauptung bezieht sich auf directe Versuche, die gegen die Annahme einer mit der Richtung sich ändernden Anziehung zu sprechen schienen. Ich entlehne diese Versuche hier aus der oben angeführten Abhandlung vom December 1849, in der sie später aufgenommen worden sind.

„Ich schnitt aus einem sehr schönen Krystall von Eisenvitriol einen Würfel von 11^{mm} Seitenlänge. Die magnetische Axe des Krystalls, das heifst diejenige Mittellinie zwischen den beiden optischen Axen, welche mit der Hauptspaltungs-Richtung einen Winkel von 75° bildet, war senkrecht auf zwei gegenüberliegenden Seitenflächen, *A* und *B*, des Würfels. Die übrigen Flächen wurden durch *C*, *D*, *E* und *F* bezeichnet. Der Würfel konnte in eine Korkscheibe mit quadratischer Oeffnung eingesteckt werden, die in einem Messingringe gefafst war, welcher durch drei Fäden an dem einen Arme einer Wage aufgehängt wurde. Die grofsen Halbanker wurden auf den grofsen Elektromagneten aufgelegt und um die stärkste Wirkung zu erhalten, mit ihren abgerundeten Kanten bis auf wenige Millimeter einander genähert. Dicht über diesen genäherten Kanten wurde der Eisenvitriol-Würfel, dessen untere Fläche aus seiner Fassung hervorragte und genau horizontal gerichtet wurde, aequilibrirt, dann der Magnetismus erregt, und durch die Wage, indem auf die an dem anderen Ende derselben hängenden Schale langsam Sand geschüttet wurde, das Gewicht bestimmt und hintendrein gewogen, welches zum Abziehen des Würfels nöthig war. Die verschiedenen Flächen (mit Ausnahme der Fläche *A*, die bezeichnet war) wurden auf diese Weise nach einander von den genäherten Halbankern abgezogen. So ergaben sich in der Ordnung, in welcher sie bestimmt wurden, die folgenden, in Grammen ausgedrückten Anziehungen.

Aufliegende Fläche.	Anziehung.
B	5,37
C	4,78
	4,80
D	5,40
	5,43
E	4,90
F	5,44
	5,46
B	5,42.

Die letzte Bestimmung war eine Wiederholung der ersten, wodurch die constante Wirkung der Kette bestätigt wurde. Die zwiefachen Bestimmungen, bei welchen dieselbe Fläche aufstand, zeigen durch ihre Uebereinstimmung die Genauigkeit der Abwägungs-Methode. Die Abweichungen bei der Vertauschung einer Fläche mit einer andern können nicht sowohl von Ungenauigkeit der Würfelform und Ungleichheit seiner Oberfläche herrühren, als vielmehr daher, dafs der Würfel sich ungleich auf die Halbanker auftellte, was schon durch die magnetische Axenwirkung hervorgebracht wurde. Die mittlere Anziehung parallel der magnetischen Axe beträgt hiernach

$5^{gr},395$,

die mittlere Anziehung senkrecht darauf:

$5^{gr},17$

was nahe $\frac{1}{25}$ zu Gunsten der Anziehung nach der Axe giebt.

Eine zweite Versuchsreihe gab ein ganz übereinstimmendes Resultat. In beiden wurde der Strom durch vier Grove'sche Tröge erzeugt.

Die Erwägung, dafs die Hervorrufung der Polarität in dem Eisenvitriol-Würfel, der auf *beide* Halb-Anker sich aufstellte, eine sehr complicirte sey, bestimmte mich, trotz der dadurch sehr verminderten Anziehung, ihn blofs von einem der beiden Anker, da wo die Anziehung am gröfsten ist, abzuziehen. Die Anziehung betrug hier nur

$0^{gr},187$,

wie auch der Würfel aufgestellt werden mochte, ein Unterschied war nicht wahrnehmbar und betrug sicherlich nicht

$0^{gr},01$.

Wenn ein Unterschied in der Anziehung des Krystalles da ist, von der Richtung abhängig, nach der er einem Magnetpole genähert wird — worüber ich hier nicht entscheiden will — so ist er jedenfalls so klein, dafs er die beim Eisenvitriol so stark hervortretenden Erscheinungen *nicht* hervorbringen kann."

8. Ich komme auf diese Resultate — die allerdings der Entwicklung meiner theoretischen Ansichten hemmend ent-

gegentraten — später nochmals zurück, mache aber hier schon darauf aufmerksam, wie wenig man durch die *bloſse* Annahme einer von der Richtung abhängigen verschiedenen Anziehung oder Abstoſsung, die fern von den Polen stattfindet und in der Nähe derselben ganz oder beinahe aufhört, ausrichten kann.

9. Ich muſs hier, bevor ich fortfahre, Verwahrung einlegen, gegen eine, durch mich wohl nicht verschuldete falsche Auslegung meiner ältern Auffassung der fraglichen Erscheinungen. Wenn ich von der Anziehung oder der Abstoſsung der optischen Axe sprach, so schrieb ich dadurch eben so wenig einer idealen Richtung eine mechanische Wirkung zu, oder nahm eine mechanische Wirkung auf eine solche ideale Richtung an, als wenn z. B. Hr. Biot sagt, ein Lichtstrahl werde von der optischen Axe des Bergkrystalls angezogen von der optischen Axe des Doppelspathes abgestoſsen. Der von mir gebrauchte Ausdruck kann vernünftigerweise nur heiſsen, daſs die mechanische Wirkung auf den Krystall nur eine Resultirende liefert, die mit der Richtung der Axe des Krystalls zusammenfällt, und wenn in dieser Hinsicht noch irgend ein Zweifel über meine frühere Ansicht obwalten sollte, so muſs ihn ein Blick auf die zuletzt aus dem Programme citirte Stelle gänzlich zerstreuen.

10. Ueber den Zusammenhang zwischen den gewöhnlichen magnetischen und diamagnetischen Kräfte mit denjenigen, welche auf die Axen der Krystalle wirken, habe ich mich früher nicht ausgesprochen. Die hierbei obwaltende mechanische Frage konnte ich damals nicht zur Entscheidung bringen. Es war nur eine Thatsache, die ich bezeichnen wollte, wenn ich den Ausdruck gebrauchte, daſs die Wirkung auf die optische Axe des Krystalls langsamer mit der Entfernung abnimmt, als die gewöhnliche Wirkung auf seine Masse. Dabei konnte immer jene erste Wirkung nur eine Modification der letztern seyn, die erst bei gröſserer Entfernung überwiegend hervortritt. Ganz anders war es in Beziehung auf die Kohle und andere gemischte Körper, bei denen ich zuerst das scheinbar ganz gleiche

Verhalten wie beim Turmaline beobachtete. Hier war die mechanische Frage für mich bald entschieden; es ist ein Conflict zweier entgegengesetzten Kräfte, ein Conflict von diamagnetischer Abstofsung und magnetischer Anziehung der Masse, von denen, je nach der Entfernung, die eine oder die andere vorherrscht.

11. Die Erklärung der magnetischen Axenwirkung concentrirte sich für mich immer mehr um die in der 5ten Nummer formulirte Frage. „Es wird der Krystall angezogen und doch flieht sein Schwerpunkt“: das ist, allgemein aufgefafst, mit den Gesetzen der Mechanik in offenbarem Widerspruche. Es giebt keine Kraft, unter welcher neuen Form sie auch auftreten möge, die hier eine Erklärung geben kann. Und wenn dennoch unsere Versuche die oben bezeichnete Wirkung anzuzeigen scheinen, *so kann es sich nur um ein mechanisches Paradox handeln.* In dem vorliegenden Falle findet dasselbe darin seine volle Erklärung, dafs der Krystall bei den in Rede stehenden Versuchen nicht vollkommen frei, sondern gezwungen ist, sich um eine feste, verticale Axe zu drehen. Ein horizontalschwingender Stab, auf welchem eine Magnetnadel, mit ihrer Mitte, senkrecht gegen denselben, in horizontaler Lage befestigt ist, stellt sich, in Beziehung auf die Pole der Erde, gerade so wie eine Turmalinsäule zwischen den Magnetpolen in Folge der Axenwirkung. Die Ausführung des oben angedeuteten Gesichtspunktes, nebst der experimentalen Bestätigung desselben und insbesondere der Nachahmung der Erscheinungen, die an ein- und zweiaxigen Krystallen beobachtet werden, finden sich in der oben angeführten Abhandlung vom December 1849 im Anhange zuerst mitgetheilt; nicht lange Zeit nachher ist eine Abhandlung, blofs mit weiteren mathematischen Entwicklungen, unter dem Titel: *Théorie mathématique de l'action des aimants sur les crystaux non appartenant au système tesseral* an Hrn. Crelle abgegangen, in dessen Journal sie eine Stelle finden wird. Ich mufs mich hier auf dieses Citat und die wenigen Andeutungen, welche folgen, beschränken.

12. Unter der inducirenden Wirkung eines Magnetpols wird jedes kleinste Theilchen des Krystalls polar-magnetisch oder polar-diamagnetisch. Aber die Polarität tritt auf, nicht wie bei der gewöhnlichen Induction, nach einer veränderlichen Richtung, die blofs durch die Lage der Pole bestimmt wird, sondern, je nach der Krystallform, nach einer oder mehr als einer festen Richtung. Solche Richtungen, die in dem Krystalle durch die Form desselben gegeben sind, habe ich die magnetischen Axen des Krystalls genannt. Ein kleinstes Theilchen aber, das nach einer bestimmten Richtung Polarität annimmt und frei um eine feste Axe sich drehen kann, entfernt sich entweder von dem Pole oder nähert sich demselben, je nach dem Abstande von diesem Pole. Hier sind wir auf mathematischem Boden; durch Rechnung erklären sich vollständig alle Erscheinungen, die bisher beobachtet worden sind.

13. Eine Folgerung, die aus der neuen Anschauungsweise unmittelbar sich ergiebt, ist, dafs bei gleicher Krystallisation, wodurch gleiche Cohäsionsverhältnisse und eine gleiche Lage der optischen Axen bedingt werden, auch die magnetischen Axen dieselben sind, dafs hierbei aber, wenn die Substanz der Krystalle einmal eine homogene und wesentlich (nicht blofs durch Beimischung zufällig) magnetische, das andere Mal eine homogene diamagnetische ist, die Anziehung der Axen in Abstofsung, oder umgekehrt, diese in jene sich verwandeln mufs.

14. Da ein dünnes Eisenstäbchen durch Induction immer an seinen beiden Enden Pole erhält, so war ein einfaches Mittel gegeben durch schickliche Anbringung solcher Eisenstäbchen (die nach Umständen auch durch dünne Eisenblättchen ersetzt werden können) in magnetisch relativ indifferenten Stäben, von Messing zum Beispiel, um das Verhalten der Krystalle zwischen den Magnetpolen darzustellen. Eine Turmalinsäule wird auf diese Weise nachgeahmt durch einen Stab, durch dessen Axe *indifferent nach allen senkrechten Richtungen* Stäbchen gesteckt sind. Eine Staurolithsäule wird in ihrem ganzen magnetischen Verhal-

n dadurch nachgeahmt, dafs alle Stäbchen gleichmäfsig zwei gegen einander geneigte und durch die Axe gelegte benen, immer senkrecht gegen die Axe angebracht sind, obei diejenige Ebene, welche den Winkel der beiden tztgenannten halbirt, durch die stumpfen Kanten der Säule ht, und die Richtung der Stäbe die beiden magnetischen xen sind.

15. Die mathematische Theorie giebt eine verschiedene nziehung der Masse des Krystalls nach verschiedenen ichtungen, und so bieten die in der 7ten Nummer mitgeheilten Resultate, die einen merklichen Unterschied in dieer Anziehung nicht geben, auf den ersten Blick eine Schwiegkeit. Aber man sieht leicht ein, dafs in der Nähe der ole der relative Unterschied schwach seyn oder gar verchwinden kann, während er in gröfserer Entfernung entchieden hervortreten kann. Wenn wir, um bei der Anchauung der vorigen Nummer stehen zu bleiben, die Stäbhen, die den Krystall nachahmen, nach ihrer Axe so lange erkürzen, bis ihre Dimension nach derselben nur wenig och vorherrscht, so wird in dem so nachgeahmten Krystall, ie magnetische Vertheilung nach den magnetischen Axen, r der Nähe des Poles aber die gewöhnliche magnetische 'erheilung stattfinden.

16. Die Hrn. Knoblauch und Tyndal sind in den ereits angeführten Abhandlungen von späterm Datum zu esultaten gekommen, die denen der 12ten und 13ten lummer sehr nahe liegen. Ihre Polemik würde natürlich ine andere gewesen seyn, wenn sie meine Abhandlung om December 1849 gekannt hätten. In Folge meiner neuen uffassungsweise mufs Manches in meiner ältern modificirt erden. Darüber aber wird am zweckmäfsigsten erst nach littheilung der Experimental-Untersuchuugen, die ich it Hrn. Dr. Beer gemeinschaftlich gemacht habe, die ede seyn.

Während in mancher Beziehung die theoretischen Anchten der beiden genannten Physiker mit den meinigen bereinstimmen, so ist die Grundansicht eine wesentlich

verschiedene. Die Theorie Faraday's, der zuerst die *Anziehung* magnetischer Axen beobachtet hat und diese Axen (*magnecrystallic axes*) als senkrecht stehend auf den Spaltungsflächen (beim Wismuth, Antimon, Arsenik, schwefelsauren Eisen und schwefelsauren Nickel) definirt, ist auch von ihnen adoptirt und nur dadurch modificirt worden, dafs sie das gegenseitige Verhalten magnetischer und diamagnetischer Krystalle als ein neues Moment hiezu beachten. Zu entscheiden, wie weit die Erscheinungen hiermit in Uebereinstimmung seyen, gehört in die Discussion der Versuche. Allerdings aber erscheint es von vornherein, dafs das Eigenthümliche der Krystallisation nicht allein in der Spaltbarkeit liegt, dann müfsten wir ja manchen Krystallen Spaltungsflächen andichten, die wir nicht wahrnehmen, sondern in den ganzen Cohäsionsverhältnissen. Und diese sind es auch, die in ihrer Gesammtheit dadurch, dafs sie in jedem Krystall die Lage und relative Gröfse der drei Fresnel'schen Elasticitäts-Axen bestimmen, in demselben die jedesmalige Modification in der Fortpflanzung des Lichtes bedingen, und wie ich überzeugt bin, ebenso die Modification in der magnetischen Induction.

17. Hier aber tritt uns die gewichtige Frage entgegen, ob jedes kleinste Theilchen, *als Masse*, magnetisch werde, wie die genannten Physiker statuiren; oder ob derselbe Aether, in dessen Oscillationen das Licht besteht, nach anderer Weise erregt, Elektricität und Magnetismus gebe. In der letztern Annahme würde der Alles durchdringende Aether die Fernwirkung beider vermitteln, so wie er das Licht fortpflanzt. Diese zweite Ansicht war der Sporn, der mich vorzugsweise antrieb, meine Kräfte auf diesem Felde zu versuchen.

18. Die schönen Versuche des Hrn. Wiedemann, welche durch die unabhängig hiervon später von Hrn. Senarmont angestellten Versuche bestätigt worden sind, beweisen zunächst freilich nur für die Verbreitung auf der Oberfläche, dafs nach verschiedenen Richtungen die elektrische Leitung verschieden ist, und scheinen dieselbe von

der Lage und Gröfse der Elasticitäts-Axen abhängig zu machen. Die Leitungsfähigkeit liefse sich hiernach durch diese bestimmen, ebenso die mittlere Leitungsfähigkeit in einem kreisförmigen Strome, die sich, da sie unabhängig wäre von dessen Dimensionen, unmittelbar auf die Ampère'schen Molecularströme, das heifst auf Magnetismus, übertragen liefse. Wie die Lage der optischen Axen, so liefse sich hiernach auch die Lage der magnetischen Axen mathematisch bestimmen.

19. Doch verkenne ich das Mifsliche solcher theoretischen Ausführungen nicht, zu deren experimentaler Bestätigung noch die Daten fehlen. In der im Crelle'schen Journale erscheinenden Abhandlung habe ich mich daher nur an Krystalle mit einer einzigen magnetischen Axe gehalten, und vorläufig blofs eine, auch für sich selbstständige, Abhandlung, die den weitern mathematischen Entwicklungen als Grundlage gedient, hinzugefügt. Dagegen habe ich mich, gemeinschaftlich mit Hrn. Dr. Beer, Experimental-Untersuchungen wieder zugewendet, deren Hauptgesichtspunkt ist: die Natur der magnetischen Axen und ihre Lage zur Krystallform zu bestimmen. Die nachfolgende erste Reihe von Versuchen verbreitet sich über die sämmtlichen verschiedenen Krystallsysteme. Wir haben diejenigen Resultate zusammengestellt, die wir vorläufig als abgeschlossen betrachtet haben. Die neueste Abhandlung der HH. Tyndal und Knoblauch im *Philosophical Magazine* kam uns zu spät zu Gesicht, um hierbei irgendwie berücksichtigt werden zu können [1]).

Bonn, den 28. August 1850.

Plücker.

1) Was den optischen Theil unserer gemeinschaftlichen Untersuchungen betrifft, so haben wir, mit sehr wenigen Ausnahmen, alle bisherigen Angaben von Neuem geprüft, und wo die Lage der optischen Axen in Beziehung auf die Krystallform nicht bekannt war, dieselbe bestimmt. Wir fanden bei der Untersuchung zweiaxiger Krystalle eine grofse Erleichterung durch Krystall-Modelle, in denen wir die Lage der optischen Axen, mit Andeutung ihrer Verschiedenheit für verschiedene Far-

Erste Versuchsreihe.

1. Optisch einaxige Krystalle.

A. Krystalle, deren Grundform das Rhomboëder oder die regelmäfsige sechsseitige Säule ist.

1. Turmalin.

An einer Turmalinplatte aus einem Soleil'schen Polarisations-Apparate wurde zuerst die magnetische Axenwirkung wahrgenommen. Nachdem sich ein Stückchen Baumrinde, zwischen den Magnetpolen aufgehängt, bald magnetisch, bald diamagnetisch erwiesen hatte, und der Gedanke dadurch auftauchte, dafs bei dieser Erscheinung die Faserrichtung vielleicht von Einflufs seyn könnte, wurde nach Analogie die obige Krystallplatte in der Absicht untersucht, ob dieselbe nach verschiedenen von der Krystallform derselben abhängigen Richtungen in verschiedener Weise von dem Magneten afficirt werde. War die Platte vertical aufgehängt [1]), so verhielt sich dieselbe, je nachdem die optische Axe vertical oder horizontal war, wie ein magnetischer oder diamagnetischer Körper. War sie horizontal aufgehängt, so verhielt sie sich wie ein diamagnetischer Körper, indem sie sich mit der Axe, nach welcher sie die gröfste Dimension hatte, aequatorial stellte. Gleich darauf wurde eine natürliche Säule horizontal aufgehängt, die, wie zu erwarten war, *bei gehöriger Länge*, je nach der Entfernung der Pole sich in die Linie, die diese Pole verbindet, oder senkrecht darauf stellte. Ueberall das gleiche Verhalten, bei kleinen Nadeln und bei einer Säule aus Nordamerika, die 50^{mm} lang und etwas mehr als halb so dick war. Die früher untersuchten waren sehr verschieden gefärbt. Wenn, wie häufig an Krystallen von Elba, an

ben durch Stifte bezeichneten. Auf unser Ansuchen hat Hr. Fessel in Cöln eine kleinere Anzahl solcher Modelle sämmtlicher von uns untersuchten Krystalle angefertigt.

1) Wir bemerken, dafs wir den dem Versuche unterworfenen Körper immer in einer Schleife eines einfachen Coconfadens aufgehängt haben.

an gewissen Stellen die Färbung sich concentrirte, so findet auf dieselben auch die stärkste magnetische Einwirkung statt. Wir fanden in den Notizen über die früheren Versuche einen einzigen Turmalin als diamagnetisch bezeichnet, der sich in Folge davon mit der Axe immer aequatorial stellte. Es mufste unentschieden bleiben, ob hierbei noch magnetische Axenwirkung stattfand, weil es nicht gestattet war, aus der Säule eine Platte zu schneiden. Wir haben uns jetzt vergeblich bemüht, einen solchen Turmalin wieder zu finden. Ein schöner wasserheller Turmalin von Elba war gegen unser Erwarten immer noch magnetisch. Der Turmalin ist negativ; seine optische Axe wird von den Magnetpolen abgestofsen.

2. Kalkspath.

Der isländische Doppelspath zeigt die magnetische Axenwirkung sehr entschieden. Ein solches Stück von beliebiger Form, dessen Dimensionen nur gegen die Entfernung der Polspitzen von einander nicht zu grofs sind, richtet sich immer so, dafs sich die optische Axe in die Aequatorial-Ebene stellt. Eine senkrecht gegen die Axe geschnittene Platte, deren Durchmesser 3 — 4mal gröfser ist als ihre Dicke, stellt sich zwischen den Polspitzen, wenn wir diesen eine solche Entfernung geben, dafs sie zwischen denselben nur eben noch frei schwingen kann, wie ein diamagnetischer Körper; bei einer geringen Hebung der Platte oder bei nur wenig vermehrtem Abstande der Pole wirft sich die Platte herum, als wenn ihre optische Axe abgestofsen würde. Dieses Resultat ist immer dasselbe, sobald der Kalkspath chemisch rein ist; bei nicht reinem Kalkspathe aber treten andere Verhältnisse ein.

Bei den früheren Versuchen wurde schon ein Kalkspath gefunden, der magnetisch war, dessen Axe aber in gleicher Weise abgestofsen wurde wie bei dem wasserhellen Doppelspathe. Und diese Beobachtung war eine von denjenigen, die damals zu der Ansicht führten, dafs die magnetische Wirkung, welche die Abstofsung der optischen Axe

hervorbringt, vom magnetischen oder diamagnetischen Verhalten der Masse unabhängig ist.

Die HH. Knoblauch und Tyndall dagegen behaupten, dafs der magnetische Kalkspath sich so zwischen den Magnetpolen richtet, als wenn seine optische Axe von denselben angezogen würde, und stützen hierauf ihre Grundanschauung, dafs das Verhalten der Krystalle bei unveränderter Form zwischen den Magnetpolen sich umkehrt, wenn die Masse derselben einmal magnetisch, dann diamagnetisch ist. Dieselbe Ansicht ist früher schon in der bereits in der Einleitung erwähnten mechanischen Theorie des eigenthümlichen magnetischen Verhaltens der Krystalle aufgestellt worden. Zur Aufklärung der Sache erhielten wir durch die Güte des Hrn. Dr. Krantz Kalkspathe von verschiedener Form und verschiedenen Fundorten.

Gleich der erste Krystall, den wir untersuchten, aus einer derben homogenen, vollkommen spaltbaren Masse von Bossie in New-York, war diamagnetisch und verhielt sich, dem entsprechend, zwischen den Polen, richtete sich aber, ein wenig gehoben, so, dafs die optische Axe in die Meridian-Ebene rückte. Eine senkrecht gegen die Axe geschliffene Platte bestätigte diese Anziehung dieser Axe.

Dasselbe Verhalten zeigte ein halb durchsichtiger Krystall aus einer derben Masse von Prag.

Von den übrigen Krystallen zeigte einer, eine regelmäfsige sechsseitige Säule vom Andreasberge, die Bestätigung der älteren, oben erwähnten, Beobachtung. Er war magnetisch und seine optische Axe wurde abgestofsen. Der Krystall war an einem Ende abgebrochen, an dem andern durch die Basis der sechsseitigen Säule scharf begränzt. Er war von weifslicher Farbe, in der Mitte indefs von einer wasserhellen Schicht durchzogen, die aber so dünn war, dafs wenn wir sie auch als diamagnetisch betrachten wollen, wir sie dennoch nicht für die Ursache der Stellung, die der ganze Krystall annahm, ansehen können.

Das von den HH. Knoblauch und Tyndall beobachtete Verhalten wurde bei einem derben milchweifsen

Kalkspathe beobachtet, der Schwefelkieskrystallen als Muttergestein diente. Er ist magnetisch und seine Axe wird angezogen. Ebenso verhielten sich endlich noch drei Krystalle. Der erste war von Przibram, der zweite aus Zillerfeld. Der dritte war eine wasserhelle, an dem einen Ende vollständig auskrystallisirte, sechsseitige Säule, die sich gegen Erwarten als entschieden magnetisch erwies. Diese Säule, 14^{mm} lang und 7^{mm} und 4^{mm} im Durchmesser, stellte sich auch in einer Erhebung von 150^{mm} fortwährend axial. Eine aus ihr senkrecht gegen die Axe geschnittene Platte, 5^{mm} dick, stellte sich, so aufgehängt, dafs sich die Axe in der Horizontal-Ebene drehen konnte, mit dieser Axe axial. Ein ziemlich durchsichtiger Krystall von Brilon verhielt sich ebenso. Er zeigte ein gutes Ringsystem und verhielt sich wie alle durchsichtigen Kalkspathe in optischer Hinsicht als ein negativer Krystall.

Endlich verhielten sich in Scalenoëdern krystallisirte Doppelspathe, deren einer die Pyrenäen zum Fundorte hatte, wie der reine Isländische Doppelspath.

Wenn wir zusammenfassen, so giebt es also sowohl diamagnetische als auch magnetische Kalkspathe, deren optische Axe von den Magnetpolen abgestofsen wird, sowie es andererseits sowohl diamagnetische, als auch magnetische Kalkspathe giebt, deren optische Axe angezogen wird. Und hiernach steht endlich noch zu erwarten, dafs man Kalkspathe finde, die keine oder nur sehr schwache magnetische Axenwirkung zeigen. Das verschiedene Verhalten des Kalkspathes haben die HH. Knoblauch und Tyndall mit Recht gegen die Ansicht geltend gemacht, dafs nicht allein die optische Natur des Krystalls (ob er positiv oder negativ sey) die Anziehung oder Abstofsung der Axe anzeige. Ein ebenso gewichtiges Moment legt dasselbe aber auch gegen die Ansicht in die Waagschale, dafs bei übrigens gleichen Verhältnissen der Magnetismus oder Diamagnetismus der Masse eines einaxigen Krystalles die Anziehung oder Abstofsung seiner Axe bestimme.

Um das mehrfache Verhalten des Kalkspathes zu er-

klären, müfsten wir zuerst die Frage beantworten: ob in allen Fällen, wo der diamagnetische Kalkspath durch magnetisches Eisen verunreinigt ist, dieses jenem unter der Form des isomorphen kohlensauren Eisens beigemischt ist, oder ob es blofs in die Spaltungen des Krystalles schichtenweise sich abgelagert hat. Vor allem aber ist das verschiedene Gesetz in der Zu- und Abnahme der magnetischen Anziehung und diamagnetischen Abstofsung, das überall bei Mischungen eintritt, in Anschlag zu bringen, mit andern Worten, die verschiedene Coërcitiv-Kraft bei magnetischen und diamagnetischen Substanzen. Beschränken wir uns auf chemisch reinen Kalkspath, so haben wir das unbestreitbare Resultat, dafs die optische Axe desselben abgestofsen wird, und der Krystall ist ein negativer.

3. Salpetersaures Natron.

Isomorph mit Kalkspath und noch stärkere negative Doppelbrechung besitzend als dieser. Die Masse des Krystalls ist diamagnetisch, und seine optische Axe wird abgestofsen.

4. Bitterspath.

Isomorph mit Kalkspath und wie dieser in optischer Hinsicht negativ. In Folge von beigemischtem Eisen war der schöne und grofse Krystall (in Talk eingewachsen) magnetisch; seine Axe wurde angezogen, gerade wie bei den von HH. Knoblauch und Tyndall zuerst untersuchten unreinen Doppelspathen.

5. Eisenspath.

Isomorph mit Kalkspath. Schöne undurchsichtige rhomboëdrische Krystalle. Die Masse ist stark magnetisch. Die Axe wird, dem starken Magnetismus entsprechend, mit grofser Kraft angezogen. An einem Coconfaden aufgehängt, richtet er sich durch den schwächsten Magnet. Er ist es offenbar, der die Wirkung beim Bitterspathe hervorbringt.

6. Beryll.

Schöne sechsseitige Säulen, durch vollkommene Spaltungsflächen begränzt, die auf ihrer Axe senkrecht stehen. Alle untersuchten Säulen waren magnetisch. Eine solche Säule, deren Länge nicht das Doppelte bis Dreifache ihrer Dicke übertrifft, stellt sich zwischen den genäherten Polen, in Uebereinstimmung mit dem Magnetismus ihrer Masse, axial, wirft sich aber bei einer geringen Erhebung gegen den Magnetismus in die aequatoriale Lage herum. Die optische Axe des Krystalls wird abgestofsen; der Krystall ist negativ.

7. Arsenikblei.

Die Masse desselben ist diamagnetisch, seine Axe wurde gegen Diamagnetismus abgestofsen. Zur Bestimmung des optischen Verhaltens waren unsere Krystalle noch etwas zu trübe.

8. Dioptas.

Sehr stark magnetisch. Die Pole liefsen sich nicht so nahe bringen, dafs die horizontal aufgehängte sechsseitige Säule sich axial stellen konnte. In Folge der magnetischen Axenwirkung nahm sie immer die aequatoriale Lage an. Nach Brewster ist der Krystall negativ; seine optische Axe wird abgestofsen.

9. Wismuth.

Hr. Faraday entdeckte zuerst beim Wismuth, dafs es auch krystallinische Körper giebt, in denen sich von der Krystallisation abhängige Richtungen zeigen, die von den Polen eines Magneten *angezogen* werden, und hielt für den wesentlichen Charakter dieser Richtungen, dafs sie auf einer Hauptspaltungsfläche senkrecht stehen. Beim Wismuth, für dessen Krystallform man früher den Würfel hielt, dem man erst in neuerer Zeit mit unzweifelhaftem Rechte ein dem Cubus sich annäherndes Rhomboëder substituirte, ist diese Richtung in Gemäfsheit der Krystallform

die optische Axe. Die Anziehung dieser Axe ist sehr stark; ein Stück von beliebiger Form, in dem eine einzelne Richtung nicht gar zu sehr vorherrscht, stellt sich, zwischen den Polspitzen in gewohnter Weise aufgehängt, immer so, dafs unbekümmert um die diamagnetische Wirkung auf die Masse, die optische Axe in die Linie der Pole rückt. Ist der Wismuthkrystall einer Polspitze so nahe, dafs er abgestofsen wird, so geschieht diefs in der Art, dafs seine optische Axe dem Pole zugekehrt ist.

Eine schöne krystallisirte Platte von Wismuth, durch Hauptspaltungsflächen begränzt und horizontal zwischen den Polspitzen aufgehängt, nahm ebenfalls noch, aber viel schwächer, eine bestimmte Richtung an, wobei sich die am stärksten angedeutete der drei gleichwerthigen Spaltungsrichtungen nach den Rhomboëderflächen aequatorial stellte. Aehnliches beobachteten später die HH. Knoblauch und Tyndall am Kalkspath. Wir halten diese Erscheinungen für untergeordnet.

Plücker beobachtete, dafs geschmolzenes Wismuth zwischen den Magnetpolen so krystallisirt, dafs die Richtung, die auf der vollkommenen Spaltungsfläche senkrecht steht (die optische Axe), von Pol zu Pol geht.

10. Antimon.

Verhält sich in krystallographischer Hinsicht wie Wismuth; hat eine Hauptspaltungsfläche, auf welcher die optische Axe senkrecht steht. Hr. Faraday fand, dafs diese Axe von den Polen, wie in dem Falle des Wismuths, angezogen wurde.

Neben diese nicht zu bezweifelnde Thatsache stellt sich die andere ebenso zuverlässige, dafs unser Antimon, mit vollkommen schöner Spaltungsfläche und wie das Faraday'sche stark diamagnetisch, sich gerade umgekehrt verhielt, und die optische Axe desselben abgestofsen wurde und zwar fast mit derselben Stärke als die Axe des Wismuths angezogen wurde.

Das verschiedene Verhalten der verschiedenen anschei-

nend gleich stark diamagnetischen Antimone kann nach den beim Kalkspath beobachteten Erscheinungen weniger befremden. Der Kalkspath von Island und von New-York sind beide diamagnetisch, beim ersteren wird die Axe abgestofsen, beim letzteren angezogen. Das Faraday'sche Antimon wie das unsere ist diamagnetisch; bei ersterem wird die Axe angezogen, bei letzterem abgestofsen. Wir vermuthen hiernach, dafs unserem Antimone Eisen beigemischt ist, aber so wenig, dafs dadurch das diamagnetische Verhalten desselben nicht merklich geschwächt wird.

11. Arsenik.

Nach Hrn. Faraday, ganz wie Wismuth und Antimon, diamagnetisch und zwischen den Polen sich so stellend, dafs die Linie senkrecht auf der Spaltungsfläche, die optische Axe angezogen wird.

Hr. Faraday machte seine Versuche mit Sorten, die gegen Diamagnetismus sich axial stellten; uns standen nur von Spaltungsflächen begränzte Platten zu Gebote, die sehr entschieden *magnetisch* waren, in Folge von beigemischtem Eisen. Diese Platten stellten sich so, dafs die optische Axe angezogen wurde, wie es Hr. Faraday beobachtete. Auch hiervon finden wir die Analogie beim Kalkspathe wieder. Durch Zusatz von Eisen, der das magnetische Verhalten geradezu umkehrt, ändert sich die Wirkung auf die optische Axe nicht, die hier eine Anziehung derselben ist, beim Kalkspathe von Island und vom Andreasberge aber eine Abstofsung der Axe war.

12. Eis.

Es ist nach Brewster ein positiver Krystall. Die optische Axe desselben wird von den Polen des Magneten angezogen. Diese ältere Beobachtung wurde im verflossenen Winter unter günstigen Umständen wiederholt.

Aus einer wasserhellen Platte, die beim Durchsehen das Ringsystem gut zeigte, wurde eine Säule, etwa doppelt so lang als dick durch heifsen Kupferdraht herausgeschmolzen

und in die Lufttemperatur von 13° C. gebracht. Diese Säule, deren Axe zugleich die optische Axe war, liefs sich bequem zwischen den Polen aufhängen ohne zu schmelzen. Stark diamagnetisch abgestofsen, stellte sie sich aequatorial, wurde aber bei einer kleinen Erhebung in die axiale Lage herumgeworfen.

13. Quarz.

Reiner Bergkrystall zeigt selbst bei Anwendung von 10 Grove'schen Elementen keine Wirkung [1]). Er ist positiv.

Ein gleich zu Anfang untersuchter Krystall von Hagen, der seines Eisengehaltes wegen magnetisch war, stellte sich so, dafs seine optische Axe abgestofsen wurde, und trug dazu bei, dafs ursprünglich überall eine Abstofsung der optischen Axe angenommen wurde, es mochte der Krystall positive oder negative doppelte Strahlenbrechung zeigen.

1) Da ich früher beim Quarz eine schwache Axenwirkung gesehen zu haben glaubte, und zwar anfänglich eine Abstofsung, später eine Anziehung, ist es vielleicht nicht unangemessen die Fehlerquelle hier anzugeben. Eine gröfsere senkrecht gegen die Axe geschliffene Platte und eine längere natürliche Säule zeigten keine Wirkung; der gewöhnliche Diamagnetismus bestimmte jedesmal die der Form entsprechende Stellung. Bei stärkerer Axenwirkung hätte bei der Platte sich die Abstofsung, bei der Säule sich die Anziehung der Axe gezeigt. Um schwächere Axenwirkung nachzuweisen, mufste die Flächendimension der Platte, die Längendimension der Säule verkürzt werden. Dieses geschah durch Einklemmen und Abschlagen mit einem eisernen Hammer. Nach einer ein- oder mehrmaligen Verkürzung erreichte ich jedesmal das Gewünschte zu sehen; und doch war sorgfältig nachher durch Anlegen an den Magnet untersucht worden, dafs der Krystall an keiner Stelle magnetisch sich verhielt. Es haftete jedoch an den Stellen, wo er mit dem Hammer berührt worden war, Eisen. Nachdem ich das Gesetz aufgefunden, dafs die diamagnetische Abstofsung mit der Annäherung an den Pol rascher zunimmt als die magnetische Anziehung, begreift sich, dafs bei der Berührung das Eisen durch Anziehung sich nicht kund gab, aber in gröfserer Entfernung nach Umständen eine Anziehung der Stellen, an denen Eisen haftete, hervorbringen mufste. Hiernach stellten sich Platte und Säule natürlich so, dafs bezüglich die optische Axe sich von den Polen entfernte oder sich ihnen annäherte. Etwas Salzsäure entfernte die verborgene Fehlerquelle.
Plücker.

B. Krystalle, deren Grundform das Quadrat-Octaëder oder die quadratische Säule ist.

1. Schwefelsaures Nickeloxyd.

Wir verdanken Hrn. Dr. Marquardt einen schönen Krystall, eine quadratische Säule mit zweifacher Entrandung. Mit gröfster Vollkommenheit senkrecht gegen die Axe spaltbar, gab sie durch die natürlichen Spaltungsflächen ein schönes Ringsystem. Sie zeigte sich, vermittelst einer Glimmerplatte, die eine Verzögerung von $\frac{1}{4}$ Wellenlänge giebt, untersucht, als negativ. Das Salz enthielt kein Kupfer, ist also nicht mit dem schwefelsauren Nickelkupfer des Brewster'schen Verzeichnisses zu verwechseln.

Die optische Axe wird von den Magnetpolen abgestofsen.

2. Molybdänsaures Bleioxyd (Gelbbleierz).

In vierseitigen kleinen und dünnen Tafeln krystallisirt, gelblich und ganz durchsichtig. Bei seiner sehr stark doppelbrechenden Kraft sieht man das Ringsytem unter dem Polarisations-Mikroskop sehr schön. Wie im vorigen Falle wurde ermittelt, dafs sich dasselbe negativ verhält. Stark diamagnetisch.

Wenn ein solches Krystallblättchen so aufgehängt wurde, dafs seine Axe sich in der Horizontal-Ebene drehen konnte, so wurde es von jedem Pole abgestofsen, stellte sich aber schon bei sehr geringem Polarstande, der diamagnetischen Abstofsung entgegen, von Pol zu Pol, so also, als ob die Axe abgestofsen würde.

3. Vesuvian.

Eine undurchsichtige, an einem Ende zugespitzte quadratische Säule fand sich stark magnetisch, wurde aber gegen den Magnetismus, bei geringem Polarstande in der aequatorialen Lage festgehalten. Der Vesuvian wird seit Brewster überall als negativ aufgeführt.

4. Arseniksaures Kali.

Sehr schöne und grofse wasserhelle Krystalle, quadratische Säulen mit den vier Zuspitzungsflächen, verdanken wir Hrn. Dr. C. Stammer. Sie haben nur eine schwache doppelbrechende Kraft und zeigen demnach bei namhafter Dicke ein übrigens sehr schönes Ringsystem von grofsem Durchmesser. Der Krystall ergab sich nach derselben Bestimmungsweise wie vorhin, als negativ.

Selbst bei Anwendung von 10 Grove'schen Trögen, konnten wir keine Axenwirkung entdecken, weder eine Abstofsung, noch eine Anziehung der Axe. Die Masse des Krystalls war entschieden diamagnetisch.

5. Zirkon.

Meistens enthalten die Zirkonkrystalle Eisen unregelmäfsig durch ihre Masse vertheilt und sind dann ungleichmäfsig magnetisch. Zwei an beiden Enden auskrystallisirte quadratische Säulen verhielten sich diamagnetisch, wurden aber bei einer geringen Erhebung in die axiale Lage herumgeworfen. Die Axe wurde gegen Diamagnetismus angezogen.

Seit Brewster wird Zirkon als positiv bezeichnet.

6. Gelbes Blutlaugensalz.

Es krystallisirt in quadratischen, meist flachen Säulen, deren Randkanten durch die Flächen eines Quadrat-Octaëders abgeschnitten sind. Parallel den Endflächen der Säule ist vollkommene Spaltbarkeit vorhanden. Der Krystall ist optisch, einaxig und, wie wir im Gegensatze zu der Angabe Brewster's fanden, positiv. Sehr viele Stücke zeigten ein Ringsystem, wie es einem zweiaxigen Krystall entspricht. Diese Erscheinung ist offenbar die Folge eines secundären Druckes, da sich der Winkel der beiden optischen Axen von einem Stücke zum andern änderte und das Ringsystem verzerrt erschien. Die Masse ist diamagnetisch. Wir konnten selbst bei Anwendung von 10 Trögen keine Axenwirkung wahrnehmen.

7. Essigsaurer Kupfer-Kalk.

Schöne kleinere Krystalle, namentlich achtseitige Säulen von 4^{mm} Durchmesser und nahe gleicher Höhe. Durch ihre Endflächen, von denen eine immer vollkommen glatt ist, zeigten sie ein schönes Ringsystem und bewiesen sich, in Uebereinstimmung mit Brewster, als positiv. Ihre Masse war sehr entschieden magnetisch, was wahrscheinlich einer Verunreinigung durch Eisen zuzuschreiben ist.

Eine jener Säulen mit zurücktretender Höhendimension und so aufgehängt, dafs die Axe horizontal sich drehen konnte, stellte sich bei sehr genäherten Polen dem Magnetismus ihrer Masse entsprechend. Bei einer nur wenig gröfseren Entfernung der Pole aber ging die Axe von der aequatorialen in die axiale Lage über; sie wurde angezogen.

8. Uranglimmer.

Die Krystalle, von Hrn. Dr. Krantz herrührend, waren von Eisenoxyd umgeben und von demselben zum Theil durchzogen. Eine schöne grüne tafelförmige Säule mit fortgenommenen Randkanten, vollkommen durchsichtig und dem Auge keine Spur von Eisenoxyd zeigend, gab unter dem Polarisations-Mikroskope ein schönes Ringsystem von vier Ringen und zeigte, dafs der Krystall negativ ist. Wenn die Tafel vertical aufgehängt wurde und die Axe demnach in der Horizontal-Ebene sich drehen konnte, so stellte sie sich schon bei geringem Abstande der Pole, gegen Magnetismus ihrer Masse, mit ihrer Axe, die auf der sehr vollkommenen Spaltungsfläche senkrecht steht, entschieden axial, ein Resultat, das nur mit dem Verhalten unsers durch Eisen verunreinigten Arseniks oder im anderem Sinne mit dem unseres Antimons vielleicht Analogie hat.

9. Skapolith.

Von diesem Mineral standen uns zwei ganz verschiedene Exemplare zu Gebote. Das eine aus Pargas, eine quadratische Säule, zeigte keine Spur von Spaltbarkeit, hatte eine nur geringe Härte, so dafs es sich mit einem Messer schnei-

den liefs, und war bei vollkommener Undurchsichtigkeit grünlich schwarz gefärbt. Seine Masse war magnetisch. Eine Platte, deren Begränzungsflächen senkrecht zur Säulenaxe waren, stellte sich bei geringer Erhebung über die Pole, ihrem Magnetismus entgegen, in die aequatoriale Lage; ihre Axe wurde angezogen.

Die zweite Varietät des Skapoliths aus Nordamerika, welche wir untersuchten, war ebenfalls in quadratischen Säulen krystallisirt, welche aber parallel den Seitenflächen Spaltbarkeit zeigten, eine bedeutende Härte besafsen und weifs gefärbt waren; auch war ihre Masse diamagnetisch. Wir vermochten nicht, an diesen Säulen irgend eine Axenwirkung zu beobachten. Brewster bezeichnet den Skapolith als einen negativen Krystall.

II. Optisch zweiaxige Krystalle.

A. Krystalle, deren Grundform die gerade rhombische Säule ist.

Alle hierher gehörigen Krystalle haben zwei optische Axen, deren Ebene mit einem der drei Hauptschnitte, deren Mittellinie mit einer der drei Axen der Krystallform zusammenfällt. Die optischen Axen für verschiedene Farben liegen immer in ein und derselben Ebene. Es finden nur zwei Fälle statt; entweder ist für die stärker brechbaren (violetten) oder minder brechbaren (rothen) Strahlen der Winkel der Axen gröfser; im ersten Falle liegen also, da die Mittellinie für alle Farben dieselbe ist, die Axen für rothe Strahlen beide innerhalb des von den Axen für violette Strahlen gebildeten Winkels, im zweiten Falle umgekehrt.

Die magnetische Axenwirkung läfst sich bei den fraglichen Krystallen nicht mehr wie bei den optisch einaxigen auf eine einzige magnetische Axe, die angezogen oder abgestofsen wird, zurückführen. Stellen wir, um die Anschauung zu fixiren, aus einer Turmalinsäule einen Cylinder dar, dessen Axe mit der Axe der Säule zusammenfällt, und hän-

gen diesen Cylinder horizontal auf, so wird er in Folge der magnetischen Axenwirkung immer gleich stark in die axiale Lage getrieben, wie wir ihn auch um seine Axe drehen mögen, und nach der Axe aufgehängt, verschwindet jede nicht von zufälligen Unregelmäfsigkeiten herrührende Richtkraft. Anders verhält es sich bei den Krystallen, die in geraden rhombischen Säulen krystallisiren. Eine solche Säule, oder besser ein aus ihr hergestellter Cylinder, der die Axe der Säule auch zu der seinigen hat, richtet sich, horizontal zwischen den Magnetpolen aufgehängt, in Folge der Axenwirkung nicht mit gleicher Kraft, wenn er um seine Axe gedreht wird, oder er richtet sich bei einer continuirlichen Drehung um seine Axe abwechselnd axial und aequatorial. Nach seiner Axe aufgehängt richtet sich der Cylinder, und zwar immer so, dafs die beiden durch die Axe gehenden Hauptschnitte des Krystalls, von denen der eine die stumpfen, der andere die spitzen Kanten enthält, mit der axialen und aequatorialen Richtung zusammenfallen, was zwei verschiedene Fälle einschliefst. Alle beobachteten Stellungen des Krystalls, die diesen Aufhängungen entsprechen, erklären sich durch die Annahme, dafs in demselben nicht blofs eine, sondern zwei Richtungen angezogen oder abgestofsen werden, und dafs diese Richtungen in einem der drei Hauptschnitte der geraden rhombischen Säule liegen und ihre Mittellinie mit einer krystallographischen Axe zusammenfällt. In dieser Beziehung haben also die magnetischen Axen eine Lage gegen die Krystallform, welche derjenigen der optischen Axen analog ist.

Wenn wir den Krystall nach einander nach seinen drei krystallographischen Axen aufhängen, erhalten wir zunächst die Unterscheidung von sechs Fällen. Wir wollen der Uebersicht wegen die Richtungen der Säulenaxe, der kurzen und der langen Diagonale ihrer Basis, sowie auch die Dimensionen des Krystalls nach diesen drei Richtungen, durch α, $\varkappa$ und λ bezeichnen. Dann können wir die sechs verschiedenen Fälle in nachstehender Tafel zusammenstellen.

Bei einer Aufhängung nach

$-\alpha$	$\varkappa$	λ	α	$\varkappa$	λ

stellt sich

	aequatorial.			axial.		
1.	$\varkappa$	α	α	λ	λ	$\varkappa$
2.	λ	α	α	$\varkappa$	λ	$\varkappa$
3.	$\varkappa$	α	$\varkappa$	λ	λ	α
4.	$\varkappa$	λ	$\varkappa$	λ	α	α
5.	λ	λ	α	$\varkappa$	α	$\varkappa$
6.	λ	λ	$\varkappa$	$\varkappa$	α	α

Damit die Axenwirkung unzweifelhaft hervortrete, müssen die Dimensionen α, $\varkappa$, λ so bestimmt werden, dafs die Stellung, welche der Krystall in Folge dieser Wirkung annehmen mufs, mit derjenigen nicht übereinstimmt, die er in Folge seiner Form als einfach magnetischer oder diamagnetischer Körper annehmen würde. Die entscheidenden relativen Dimensionen für die sechs möglichen Fälle sind

	für magnetische Krystalle.	für diamagnetische Krystalle.
1.	$\alpha > \varkappa > \lambda$	$\alpha < \varkappa < \lambda$
2.	$\alpha > \lambda > \varkappa$	$\alpha < \lambda < \varkappa$
3.	$\varkappa > \alpha > \lambda$	$\varkappa < \alpha < \lambda$
4.	$\varkappa > \lambda > \alpha$	$\varkappa < \lambda < \alpha$
5.	$\lambda > \alpha > \varkappa$	$\lambda < \alpha < \varkappa$
6.	$\lambda > \varkappa > \alpha$	$\lambda < \varkappa < \alpha$

Die verschiedenen Stellungen, welche der Krystall in den sechs oben angeführten Fällen annimmt, können sowohl einer Anziehung zweier magnetischer Axen, als auch einer Abstofsung zweier magnetischer Axen zugeschrieben werden. Hiernach verdoppelt sich die Anzahl der möglichen Fälle. In der folgenden Tafel ist die Ebene der beiden Axen (bezeichnet durch die Symbole der beiden Krystallaxen, die sie enthält) und die Mittellinie derselben, wie sie den 12 Fällen entspricht, übersichtlich zusammengestellt.

	Abstofsung der Axen		Anziehung der Axen.	
	Mittellinie.	Ebene der Axen.	Mittellinie.	Ebene der Axen.
1.	$\varkappa$	$\alpha\varkappa$	λ	$\varkappa\lambda$
2.	α	$\alpha\lambda$	$\varkappa$	$\varkappa\lambda$
3.	$\varkappa$	$\alpha\varkappa$	λ	$\alpha\lambda$
4.	$\varkappa$	$\varkappa\lambda$	α	$\alpha\lambda$
5.	λ	$\alpha\lambda$	$\varkappa$	$\alpha\varkappa$
6.	λ	$\varkappa\lambda$	α	$\alpha\varkappa$

Durch die obige Aufhängung können wir die paarweise zusammengestellten Fälle nicht von einander unterscheiden, so dafs es zweifelhaft bleibt, ob die beiden vorhandenen magnetischen Axen des Krystalls angezogen oder abgestofsen werden.

Wenn wir aus einem einaxigen Krystalle, z. B. aus Kalkspath oder Turmalin, ein cylindrisches Stäbchen schneiden, dessen Axe mit der Axe des Krystalls irgend einen Winkel ω bildet, und dieses Stäbchen dann horizontal aufhängen, so wird dasselbe im Allgemeinen in Folge der magnetischen Axenwirkung gegen die Linie der Pole eine schiefe Stellung einnehmen, und diese Stellung sich ändern, wenn der Krystall um seine Axe gedreht wird. Wir wollen zuerst voraussetzen, dafs die magnetische Axe des Krystalls wie in den beiden genannten Fällen von den Polen abgestofsen werde. Während einer Drehung um 360° wird das Stäbchen sich zweimal genau aequatorial stellen, dann nämlich, wenn die optische (magnetische) Axe in die Vertical-Ebene fällt. Rechnen wir den Winkel, der die Drehung mifst, von einer der beiden eben angegebenen Lagen an und nennen ihn ψ, während wir den Winkel, den die Axe des Stäbchens nach irgend einer beliebigen Drehung mit der aequatorialen Richtung bildet, φ nennen, so erhalten wir die Gleichung

$$\text{tang}\,\varphi = \sin\psi\,\text{tang}\,\omega.$$

Die gröfste Abweichung des Stäbchens von der aequatorialen Lage erhalten wir bei einer Drehung von 90°. Alsdann wird $\varphi = \omega$. Zugleich ist in dieser Lage die magnetische Axenwirkung am stärksten. (Die Zunahme dieser

Wirkung können wir durch die Oscillationsdauer des Stäbchens messen). Drehen wir das Stäbchen, von irgend einer Lage an gerechnet, um 180° weiter, so findet die Abweichung von der aequatorialen Lage um einen gleichen Winkel nach der anderen Seite hin statt.

An die Stelle des cylindrischen Stäbchens können wir auch eine cylindrische Platte nehmen, diese mit ihren Flächen vertical aufhängen und dann um die auf ihr senkrechte Linie drehen. Wir können endlich, wenn die Axenwirkung hinlänglich stark ist, ein Krystallfragment von beliebiger Form aufhängen und dann um eine beliebige Axe drehen. Nehmen wir z. B. eine schiefe rhombische Säule von Kalkspath (ein nach einer Richtung hin verlängertes Rhomboëder), die durch natürliche Flächen begränzt und etwa doppelt so lang als breit ist, so wird diese Säule bei gehöriger Entfernung der Polspitzen mit ihrer Axe dann genau sich aequatorial stellen, wenn die durch ihre stumpfen Kanten gehende Ebene vertical ist. Bei einer Drehung weicht die Säule von der aequatorialen Lage nach einer Seite hin immer mehr ab, erreicht bei 90° den gröfsten Ausschlag (der demjenigen Winkel gleich ist, den die optische Axe mit den Kanten der Grundform bildet), kehrt dann wieder um, geht bei 180° durch die aequatoriale Lage hindurch, macht bei 270° den gröfsten Ausschlag nach der andern Seite, der dem früheren gleich ist, und kehrt endlich zu der ursprünglichen Lage wieder zurück.

Wenn wir die Lage der optischen (magnetischen) Axe, die von den Magnetpolen abgestofsen wird, kennen, so können wir die Stellung, die ein Krystallfragment annimmt, nach der vorstehenden Gleichung vorhersagen. Umgekehrt können wir aus dem magnetischen Verhalten die Lage der optischen Axe bestimmen. Wir brauchen nur das Krystallfragment um irgend eine horizontale Axe so lange zu drehen bis diese Axe den gröfsten Ausschlag macht. Dann ist die optische Axe horizontal und genau aequatorial gerichtet. Die oben aufgestellte Formel findet auch auf den Fall, dafs eine Anziehung der magnetischen Axe, wie beim Wismuth, statt-

stattfindet, ihre unmittelbare Anwendung. Wir brauchen blofs den Winkel φ von der axialen Richtung an zu rechnen.

Um nach dem Vorstehenden zu erkennen, ob ein gegebenes Fragment eines optisch einaxigen Krystalles eine magnetische Axe habe, die abgestofsen oder angezogen wird, brauchen wir das Fragment blofs beliebig aufzuhängen und, während es aufgehängt ist, um irgend eine horizontale Axe zu drehen. Wenn dann in Folge der Axenwirkung die horizontale Drehungs-Axe durch die axiale Lage hindurchgehend zu beiden Seiten verschieden ausschlägt, so ist die magnetische Axe eine solche, die angezogen wird; wenn aber die horizontale Axe, um welche gedreht wird, durch die aequatoriale Lage hindurchgehend zu beiden Seiten derselben ausschlägt, so hat der Krytall eine magnetische Axe, die abgestofsen wird. Im ersten Falle können wir den Krystall in magnetischer Beziehung positiv, im zweiten negativ nennen.

Wenn zwei magnetische Axen, die entweder angezogen oder abgestofsen werden, vorhanden sind, so wird die Mittellinie zwischen den beiden Axen, d. h. die Linie, welche die von ihnen gebildeten spitzen Scheitelwinkel halbirt, im Allgemeinen entweder eine Anziehung oder eine Abstofsung erfahren. Hier bietet sich also für magnetisch zweiaxige Krystalle dasselbe Mittel dar, wie bei einaxigen, um zu bestimmen, ob die Axen von den Magnetpolen angezogen oder abgestofsen werden. Nur verlangt diese Bestimmungsweise die gröfste Sorgfalt da, wenn bei einer Drehung die Axenwirkung abnimmt, die Dimensionen des Krystalls bei seiner Stellung zwischen den Magnetpolen sich wieder geltend machen können.

1. Citronsäure.

Die untersuchten Krystalle waren schöne, wasserhelle rhombische Säulen, deren Seitenflächen (nach Kopp) Winkel von 117° 30′ bilden. Die spitzen und stumpfen Ecken beider Endflächen waren fortgenommen. Die Ebenen, welche

die spitzen Ecken fortnehmen und oberhalb der Basis einen Winkel von 125° 21′ bilden, sind vollkommene Spaltungsflächen; eine dritte, ebenso vollkommene, Spaltungsfläche geht durch die stumpfen Kanten der Säule.

Wenn man durch die beiden Paare gegenüberliegender Seiten-Ebenen der Säule senkrecht hindurchsieht, erblickt man im polarisirten Lichte zwei schöne Ringsysteme mit dem schwarzen Büschel. Die Basis der Säule von 117°,5 ist also die Ebene der optischen Axen und ihre kurze Diagonale ist Mittellinie. Wir fanden die Brewster'sche Angabe, dafs der Krystall positiv sey, bestätigt. Die optischen Axen für violette Strahlen liegen innerhalb der optischen Axen für rothe Strahlen, wie beim Topas.

Die Krystalle stellten sich, aufgehängt

nach α mit $\varkappa$,
- $\varkappa$ - λ,
- λ - $\varkappa$,

aequatorial, wobei die Dimensionen derselben so gewählt wurden, dafs die angenommenen Stellungen die entgegengesetzten von denjenigen waren, die sie in Folge der gewöhnlichen diamagnetischen Abstofsung angenommen hätten; die Masse der Citronsäure wird nämlich von den Polen abgestofsen, die magnetische Axenwirkung war sehr stark.

Eine schief aus einer Säule geschnittene Platte stellte sich, vertical aufgehängt, im Allgemeinen schief, ging aber bei einer Drehung gegen Diamagnetismus mit ihrer Fläche durch die axiale Lage hindurch. Der Krystall ist also in magnetischer Hinsicht ein negativer.

Die Citronsäure hat zwei magnetische Axen, die wie die optischen liegen und abgestofsen werden. Sie ist ein magnetisch negativer Krystall der vierten Art.

2. Arragonit.

Die Krystallform ist eine gerade Rhomben-Säule, deren Seitenflächen einen Winkel von 116° 16′ bilden. Die spitzen Kanten sind immer gerade abgeschnitten. Die vorkommenden Säulen sind gewöhnlich aus mehreren Krystal-

len mit gemeinschaftlicher Hauptaxe zusammengesetzt. Die Axe der Säule ist die Mittellinie der optischen Axen, deren Ebene durch die spitzen Kanten der Säule geht. Der Winkel der optischen Axen für die verschiedenen Farben ist durch Rudberg bestimmt worden. Für die Fraunhofer'schen Linien B und H findet er denselben gleich 19° 44′ 40″ und 20° 25′ 6″. Die Axen für rothe Strahlen liegen also innerhalb der Axen für violette Strahlen. Der Arragonit ist diamagnetisch.

Aus einer sechsseitigen Säule, die aus drei zusammengewachsenen Individuen bestand, deren Ansetzungsflächen man leicht erkannte, wurde nach vorläufigen Versuchen, die sehr entschiedene magnetische Axenwirkung gezeigt hatten, ein parallelepipedisches Stück geschnitten, dessen Kanten den drei krystallographischen Axen parallel waren, so dafs $\alpha < \varkappa < \lambda$. Der Krystall stellte sich gegen die Wirkung des gewöhnlichen Diamagnetismus, aufgehängt

nach α, aequatorial mit $\varkappa$,
- $\varkappa$, - - α,
- λ, - - α.

Eine Platte ergab sich in magnetischer Hinsicht negativ.

Der Arragonit hat also zwei magnetische Axen, die abgestofsen werden, welche in derjenigen Ebene liegen, die durch die stumpfen Kanten der rhombischen Säule geht, und deren Mittellinie mit der Axe der Säule zusammenfällt. Der Arragonit ist ein magnetisch negativer Krystall der ersten Art.

3. Seignette-Salz.

Die sehr schönen und mannigfaltig ausgebildeten Krystalle verdanken wir der Güte des Hrn. Warrington. Als Grundform nimmt man ein Prisma, dessen Seiten-Ebenen den Winkel 79° 30′ einschliefsen. Eine irgendwie hervortretende Spaltungsfläche wurde nicht beobachtet.

Wir wählten für unsere Zwecke diejenigen Krystalle aus, welche symmetrisch um die Axe der Säule ausgebildet waren, und ein Mal als lange, gerade Säulen bis zu einer Länge

von 35^{mm}, das andere Mal als schöne Tafeln sich darstellten. An einer der längeren Säulen wurden (auf Glas mit Wasser) zwei Flächen angeschliffen, die der durch die spitzen Kanten der Grundsäule gehenden Ebene parallel waren. Durch diese Flächen sieht man im Polarisations-Mikroskope bei schicklicher Neigung das eine und andere Ring-System sehr gut. Die Ebene der optischen Axen geht also durch die stumpfen Kanten der Säule von 79°,5 und ihre Mittellinie ist der kurzen Diagonale der Basis parallel. Die Axen für violette Strahlen bilden einen Winkel, der viel kleiner ist als der Axenwinkel für rothe Strahlen, was den Ringsystemen eine ganz abweichende Form giebt. Herschel, der bei diesem Salze zuerst die grofse Verschiedenheit der Axen für verschiedene Farben beobachtete, giebt für den ersten Winkel 56°, für den zweiten 76° an; Brewster bestimmte den Winkel für Strahlen mittlerer Brechbarkeit auf 80°. In homogenem Lichte erhält man vollkommen regelmäfsige Ringsysteme. Wir haben die Brewster'sche Angabe, dafs der Krystall in optischer Hinsicht positiv sey, im Widerspruch mit der gegentheiligen Angabe, bestätigt gefunden.

Das Seignette-Salz ist stark diamagnetisch. Ein Krystall in Tafelform, dessen Dimensionen $\alpha = 3^{mm},5$, $\varkappa = 8^{mm}$, $\lambda = 11^{mm}$ waren, wurde zwischen den Polspitzen, deren Abstand 30^{mm}, aufgehängt, erstens nach α, und zweitens nach $\varkappa$. Er stellte sich beidesmal wie ein gewöhnlicher diamagnetischer Körper mit λ aequatorial, aber bei einer Erhebung über die Linie der Pole im ersten Falle von 10^{mm}, im zweiten Falle von 12^{mm} warf sich der Krystall herum, als ob er magnetisch geworden wäre, so dafs in beiden Fällen λ sich axial stellte. Nach λ aufgehängt, stellte sich der Krystall, unten sowohl als in einer Erhebung von 60^{mm}, wie ein diamagnetischer Körper, das heifst mit α axial. Die Aufhängung nach λ fordert hiernach eine Wiederholung. Zu diesem Ende wurde eine Säule mit vorherrschender Längenrichtung ausgewählt, für welche $\lambda = 8^{mm},5$, $\varkappa = 3^{mm}$. Wenn $\alpha = 12^{mm}$, stellte sich bei einer Aufhängung

genau nach λ, bei jeder Erhebung, selbst bis zum Aufhören der Wirkung, fortwährend in Uebereinstimmung mit gewöhnlichem Magnetismus, $\varkappa$ genau axial. Ebenso auch dann noch, wenn $\alpha = 7$ und $\alpha = 5$ genommen wurde. Wurde aber α bis auf 4^{mm} verkürzt, so stellte sich zwischen den Polen der Krystall wie bisher auch noch bei einer Erhebung von 30^{mm}; warf sich aber bei 40^{mm} gegen den gewöhnlichen Diamagnetismus herum, und von da an stellte sich α zwar schwach, aber doch entschieden von Pol zu Pol. Bei dieser letzten Aufhängung wurden 10 Grove'sche Elemente angewandt; vier waren nicht hinreichend.

Es folgt aus dem Vorhergehenden, dafs die beiden magnetischen Axen mit derjenigen krystallographischen Axe, welche durch die spitzen Kanten der Grundform geht, sehr nahe zusammenfallen, und sich nur wenig zu beiden Seiten derselben entfernen in einer Ebene, die der Basis der Säule parallel ist. Zugleich folgt, dafs die beiden nahe zusammenfallenden magnetischen Axen angezogen werden.

Um dieses letzte Resultat direct zu bestätigen, wurde aus einem tafelförmigen Krystalle eine quadratische Säule geschnitten, die etwa doppelt so lang als dick war, und deren Axe ungefähr 45° mit der langen Diagonale bildete. Horizontal aufgehängt, und dann um ihre Axe gedreht, machte sie, durch die axiale Lage hindurchgehend, zu beiden Seiten derselben Ausschläge, die 45° nicht überschritten.

Seignette-Salz ist also ein magnetisch positiver Krystall der dritten Art.

4. Anhydrit.

Krystallisirt in geraden rectangulären Säulen, mit den Seitenflächen derselben vollkommen spaltbar, weniger vollkommen nach der Basis. Als Grundform nehmen wir mit Hrn. Miller eine gerade rhombische Säule, welche dieselbe Basis hat, und deren Seitenflächen den Winkel 88° 50′ bilden. Die Ebene der beiden optischen Axen geht alsdann durch die beiden spitzen Kanten der Säule und fällt also mit der gröfseren Seitenfläche der obigen geraden

rectangulären Säule zusammen. Die Mittellinie zwischen den optischen Axen, welche einen Winkel von 43° 32′ einschliefsen, fällt mit der Axe der Säule zusammen; die Axen für rothe Strahlen liegen ihr näher als die für violette. Wir fanden die Brewster'sche Angabe, dafs der Krystall in optischer Hinsicht positiv sey, bestätigt.

Der Anhydrit ist stark diamagnetisch. Eine parallelepipedische Säule, durch Spaltungsflächen begränzt, stellt sich

aufgehängt nach α, mit λ,
- - $\varkappa$, - λ,
- - λ, - $\varkappa$,

aequatorial, und zwar auch dann, wenn die Säule in Folge des bloſsen gewöhnlichen Diamagnetismus in die entgegengetzte Lage getrieben würde.

Eine Platte, die gegen eine optische Axe nahe senkrecht geschliffen war, stellte sich, wenn die Ebene der optischen Axen vertical war, gegen Diamagnetismus mit ihrer Fläche von Pol zu Pol, so dafs die auf ihr senkrechte horizontale Axe aequatorial gerichtet war. Wurde die Platte um diese Axe gedreht, so wich sie, je nach dem Sinne der Drehung, nach der einen oder anderen Seite von der axialen Lage ab. Anhydrit ist also in magnetischer Hinsicht negativ und gehört zu den magnetisch negativen Krystallen der sechsten Art.

5. Topas.

Die Grundform ist eine gerade Säule, deren Seitenflächen einen Winkel 55° 41′ bilden. Die Basis der Säule ist vollkommene Spaltungsfläche.

Die optischen Axen liegen in der durch die stumpfen Kanten der Säule gehende Ebene, und ihre Mittellinie ist die Axe der Säule. Die Axen für die rothen Strahlen liegen aufserhalb der Axen für die violetten Strahlen. Rudberg bestimmte den Winkel für die Fraunhofer'schen Linien *B* und *H* auf 55° 51′ und 54° 54′ in einer ungefärbten Varietät. Der Krystall ist, wie Brewster es angiebt, in optischer Hinsicht positiv.

Der Topas ist diamagnetisch. Bei Anwendung von 10 Trögen erhielten wir keine magnetische Axenwirkung; die gegentheiligen früheren Resultate rührten von beigemischtem fremden Eisen her.

B. Krystalle, die zum klinorhombischen Systeme gehören.

Die Grundform dieser Krystalle ist eine über die kurze oder lange Diagonale der Basis verschobene rhombische Säule. Die durch die Diagonale, über welche verschoben worden ist, und die Axe der Säule gehende Ebene ist die symmetrische, und senkrecht auf ihr steht die Orthodiagonale. Die hierher gehörigen Krystalle zerfallen in optischer Hinsicht in zwei Gruppen. Bei den Krystallen der ersten Gruppe liegen die beiden optischen Axen in der symmetrischen Ebene, so dafs die Orthodiagonale mit der mittleren Elasticitäts-Axe zusammenfällt. Bei den Krystallen der zweiten Gruppe steht die Axe der gröfsten oder kleinsten Elasticität auf der symmetrischen Ebene senkrecht, so, dafs die jedesmaligen beiden übrigen Elasticitäts-Axen in dieser Ebene liegen und die Ebene der optischen Axen auf ihr senkrecht steht.

a. Krystalle, deren optische Axen in der symmetrischen Ebene liegen.

Das allgemeine Gesetz ist, dafs hier die optischen Axen für verschiedene Farben in der symmetrischen Ebene in der Art eine verschiedene Lage haben, dafs ihre Mittellinie nicht dieselbe ist. Im Allgemeinen müssen wir, um von den optischen Axen für eine Farbe zu denen für eine andere Farbe überzugehen, die ersten optischen Axen, beide in der symmetrischen Ebene nach derselben Seite hin drehen, um Winkel, die nicht dieselben sind; während wir bei zweiaxigen Krystallen die gerade rhombische Säule zur Grundform haben, die beiden ersten Axen nach entgegengesetzter Richtung um einen gleichen Winkel drehen müssen. Nach der Fresnel'schen Auffassungsweise kommt dieses darauf hinaus, anzunehmen, dafs bei den früheren Krystallen für verschiedene Farben die Elasticitäts-Axen

sämmtlich ihre Richtung behalten und nur ihre relative Gröfse sich ändert; bei den Krystallen, die uns jetzt beschäftigen, aber nur die Axe der mittleren Elasticität ihre Richtung behält, während das System der beiden anderen in der symmetrischen Ebene sich dreht und gleichzeitig auch die relative Gröfse der Elasticitäts-Axen sich ändert.

Die Ringsysteme, einzeln genommen, unterscheiden sich nicht von denen der abgehandelten zweiaxigen Krystalle. Wenn wir durch eine Drehung des Krystalles nach einander beide Ringsysteme in das Gesichtsfeld bringen, so stimmt in beiden die Aufeinanderfolge der Farben überein. Wir können hiernach aus der Lage der Axen für verschiedene Farben in dem einen Bilde auf die Lage der Axen in dem anderen Bilde schliefsen, jedoch nicht unbedingt, da manche Ausnahmen stattfinden.

1. Schwefelsaures Eisenoxydul.

Es standen uns grofse Krystalle, die aus einer Mineralienhandlung in Paris herrührten und sich dadurch auszeichneten, dafs sie kein mechanisch beigemischtes Wasser enthielten und demnach sehr wenig verwitterten, zu Gebote.

Die Flächen der schiefen rhombischen Säule bilden (nach Kopp) den Winkel 82° 21′, die Neigung ihrer Axe gegen die Basis ist 75° 40′. Die Ebene der Symmetrie geht durch die spitzen Kanten. Die Basis ist vollkommene Spaltungsfläche.

Die in der symmetrischen Ebene liegenden optischen Axen stehen, wie Brewster es zuerst angegeben hat, aufeinander senkrecht. Die eine Mittellinie bildet mit der langen Diagonale der Basis nach dem spitzen Winkel derselben hin, einen Winkel, den wir auf 75° schätzten; diese Mittellinie und die Axe der Säule bilden also in der symmetrischen Ebene mit der Normalen auf die Spaltungsfläche auf entgegengesetzten Seiten nahe gleiche Winkel.

Der Fall, dafs die beiden optischen Winkel auf einander senkrecht stehen, bezeichnet den Uebergang von positiven zu negativen Krystallen. Die beiden Linien, welche

die von den optischen Axen gebildeten Winkel halbiren, sind immer noch die Axen der gröfsten und kleinsten Elasticität. Um sie von einander zu unterscheiden, wurde aus einem Krystalle eine Platte senkrecht gegen die eine optische Axe geschliffen und so in den Polarisations-Apparat gebracht, dafs der schwarze Büschel des Bildes in die ursprüngliche Polarisations-Ebene fiel, und zuvor ward an der Platte die Richtung derjenigen Mittellinie bestimmt, die der Normalen auf der Spaltungsfläche zunächst liegt. Zugleich wurde in den Polarisations-Apparat eine Salpeterplatte gebracht und dasjenige ihrer beiden Ringsysteme bestimmt, welches gegen ihre Mittellinie dieselbe Lage hatte, als das Ringsystem im schwefelsauren Eisenoxydul gegen die oben näher bezeichnete Mittellinie. Wurde eine unter die beiden Platten gelegte Gypsplatte gedreht, so erweiterten und vereinigten sich die Ringe in beiden Systemen immer auf derselben Seite. Da Salpeter bekanntlich ein negativer Krystall ist, so ist die Mittellinie zwischen seinen optischen Axen die Axe der gröfsten Elasticität: die oben bezeichnete Mittellinie im schwefelsauren Eisenoxydul ist also ebenfalls die Axe der gröfsten Elasticität. Die optischen Axen für rothe Strahlen liegen, der allgemeinen Norm entgegen, beide der gröfsten Elasticitäts-Axe näher als die optischen Axen für violette Strahlen.

Das schwefelsaure Eisenoxydul ist stark magnetisch. Hr. Faraday fand zuerst, dafs die auf der vollkommenen Spaltungsfläche senkrechte gerade Linie eine Axe des Krystalles ist, die von den Magnetpolen angezogen wird, und beobachtete später bei einer Drehung des zwischen den Polen aufgehängten Krystalles Abweichung von der normalen Stellung.

Die Axenwirkung beim Eisenvitriol ist sehr stark, ein Fragment von beliebiger Form richtet sich immer so, dafs die Axe der gröfsten Elasticität von Pol zu Pol geht. Durch zwei verschiedene Aufhängungen erhält man mit Sicherheit diese Axe; eine einzige Aufhängung reicht hin, um zu zeigen, wo man in dem Fragmente die Hauptspaltungs-

Ebene, die mit seiner Axe einen Winkel von 75° bildet, ungefähr zu suchen habe.

Wenn man eine Platte, die von vollkommenen Spaltungsflächen begränzt ist, so aufhängt, dafs die symmetrische Ebene senkrecht ist, so stellt sich die Platte so, dafs die auf ihr senkrecht stehende gerade Linie von Pol zu Pol geht. Dreht man die aufgehängte Platte um diese Linie, so weicht diese von der axialen Lage ab; diese Abweichung erreicht das Maximum von 15° nach einer Drehung von 90°, wo die symmetrische Ebene horizontal ist und die Axe der gröfsten Elasticität von Pol zu Pol sich stellt. Bei einer fortwährenden Drehung nimmt die Abweichung wieder ab, ändert ihr Zeichen bei 180°, erreicht ihr zweites Maximum bei 270° und verschwindet wiederum bei 360°. Wenn der Krystall ins Besondere so aufgehängt ist, dafs die Axe der gröfsten Elasticität senkrecht ist, so verschwindet jede magnetische Axenwirkung, und wenn er um die Drehungs-Axe nicht symmetrisch ist, so richtet er sich wie ein gewöhnlich magnetischer Körper.

Das schwefelsaure Eisenoxydul hat eine einzige magnetische Axe. Diese Axe fällt mit der Axe der gröfsten Elasticität zusammen und wird angezogen.

2. Bernsteinsäure.

Wir verdanken Hrn. Dr. Carl Stammer zwar kleine, aber sehr schöne, wasserhelle Krystalle, rhombische Säulen in Tafeln. Diese, nicht 1^{mm} dicke Tafeln, deren Seitenflächen eine Neigung von ungefähr 58° gegen einander halten, waren scharf begränzt und sind, ihrem optischen Verhalten nach, schiefe rhombische Säulen, aber nur so wenig verschoben, dafs, wenn unter dem Mikroskope die Seitenflächen der Tafeln als gerade Linien erschienen, die Ebene der Tafeln von der horizontalen nicht merklich abwich. Beim Aufkitten einer Tafel zwischen Glas durch kanadischen Balsam, zeigte dieselbe, indem sie sich theilte, eine sehr vollkommene Spaltung nach der kurzen Diagonale.

Die doppelbrechende Kraft der Bernsteinsäure ist aufserordentlich stark. Beim senkrechten Durchsehen durch die Platte bot sich im Polarisations-Mikroskope ein schönes, sehr feines, regelmäfsiges Ringsystem dar. Auch beim Durchsehen durch ein Nicol'sches Prisma gegen einen schwarzen Glasspiegel zeigte sich ein schönes Bild, das, weil es gröfser war, das Auseinandertreten der optischen Axen für verschiedene Farben, und zwar in derselben Ebene, zeigte. Die Ebene der optischen Axen geht durch die stumpfen Kanten der Säule. Nach der Brewster'schen Angabe, dafs der Winkel der optischen Axen 90° betrage, mufs die zweite Axe mit der kurzen Diagonale der Platte zusammenfallen. Der Dünnheit der Platten wegen konnten wir das zweite Ringsystem nicht aufsuchen. Die beiden Axen der gröfsten und kleinsten Elasticität bilden hiernach mit der Normalen auf der Platte, zu beiden Seiten Winkel von 45°. In Beziehung auf die Krystallform waren wir nicht im Stande die Lage dieser beiden Axen zu unterscheiden. Mit Topas, durch Hülfe einer dünnen Gypstafel verglichen, ergab sich, dafs die Axe der kleinsten Elasticität auf der Seite der optischen Axen für rothe Strahlen, die Axe der gröfsten Elasticität auf der Seite der Axe für violette Strahlen zwischen der Normalen auf der Platte und ihrer kurzen Diagonale liegt.

Die Lage der optischen Axen für verschiedene Farben in dem zweiten Ringsysteme würde uns zu einem Schlusse über die Krystallform der Bernsteinsäure berechtigen; jetzt können wir nur so viel behaupten, dafs, wenn diese eine schiefe rhombische Säule ist, die symmetrische Ebene derselben nothwendig durch die stumpfen Kanten derselben geht, und dann steht zu erwarten, dafs die Axe der kleinsten Elasticität zwischen der auf der Platte senkrechten Axe der rothen Strahlen und der nahe in der Platte liegenden Axe für violette Strahlen liege.

Die Bernsteinsäure ist stark diamagnetisch und zeigt die magnetische Axenwirkung sehr stark.

Wenn erstens das vollkommen regelmäfsig ausgebildete

Plättchen horizontal aufgehängt wurde, das heifst so, dafs die Säulenaxe vertical war, so stellte sich die stumpfe Diagonale und mit ihr die Ebene der optischen Axen gegen gewöhnlichen Diamagnetismus aequatorial.

Wenn zweitens die kurze Diagonale mit der verticalen Umdrehungsaxe zusammenfiel, so stellte sich die lange Diagonale axial, die Ebene der beiden optischen Axen also aequatorial.

Wenn drittens die lange Diagonale mit der Umdrehungsaxe zusammenfiel und also die Ebene der optischen Axen horizontal war, so stellte sich die Ebene der Platte unter einem Winkel, der auf 45° geschätzt wurde, schief gegen die aequatoriale und axiale Lage, und zwar so, was wir später optisch untersuchten, dafs diejenige Elasticitätsaxe, welche auf der Seite der beobachteten Axe für rothe Strahlen lag, also die kleinste, sich axial, die gröfste Elasticitäts-Axe mithin sich aequatorial einstellte.

Wenn endlich die aufgehängte Platte um ihre Axe gedreht wurde, und also die Aufhängung eine mittlere zwischen der zweiten und dritten war, so stellte sich die Platte, bei geringerem Ausschlage, zu beiden Seiten der axialen Lage. In magnetischer Hinsicht war also der Krystall ein negativer.

Endlich wurde noch eine 6^{mm} lange, 2^{mm} dicke Säule, deren Axe mit der Orthodiagonale zusammenfiel, die aber nicht durchsichtig war und aus einer anderen Quelle herrührte, in verschiedener Weise aufgehängt, wonach sich bestätigt fand, dafs Bernsteinsäure magnetisch negativ ist, und zugleich, dafs, bei einer Aufhängung nach der gröfsten Elasticitäts-Axe, der Krystall sich wie bei gewöhnlichem Magnetismus nur in Folge seiner Form richtete.

Die Bernsteinsäure hat also eine einzige magnetische Axe, die mit der Axe der gröfsten Elasticität zusammenfällt und abgestofsen wird.

3. Kalium-Eisen-Cyanid.

Die symmetrische Ebene der schiefen rhombischen Säule geht durch die spitzen Kanten derselben, deren Winkel

76° 4'. Die Axe der Säule bildet mit der Basis den Winkel 72° 27'.

Wenn man eine Platte senkrecht gegen die Axe der Säule schneidet, so sieht man unter dem Polarisations-Mikroskope beide Ringsysteme zugleich. Die Ebene der Axen, die nach Brewster einen Winkel von 19° 24' bilden, fällt mit der symmetrischen Ebene zusammen. Die Mittellinie fällt mit der Axe der Säule zusammen. Die Axen für rothe Strahlen liegen beide ihr näher als die beiden Axen für violette Strahlen. In optischer Beziehung verhielt sich der Krystall vollkommen so, wie wenn seine Form eine gerade rhombische Säule wäre. Wir fanden den Krystall, wie Brewster es angiebt, positiv; mit Salpeter verglichen verhielt er sich gerade umgekehrt.

Rothes Blutlaugensalz ist sehr entschieden magnetisch und zeigt starke Axenwirkung. In Folge derselben richtet sich ein Fragment von beliebiger Form.

Eine Säule, die durch Wegnahme der scharfen Kanten zu einer sechsseitigen geworden, die 11^{mm} lang und nahe 4^{mm} dick war, richtete sich, wie sie auch horizontal aufgehängt wurde, mit ihrer Axe, im Gegensatze zu gewönlicher magnetischer Wirkung, aequatorial. Nach der Axe aufgehängt, stellte die symmetrische Ebene mit grofser Entschiedenheit sich aequatorial. Eine schief gegen die Säulenaxe geschnittene Platte, die vertical zwischen den Magnetpolen aufgehängt und dann so gedreht wurde, dafs sie immer vertical blieb, zeigte, dafs rothes Blutlaugensalz in magnetischer Hinsicht negativ ist.

Das Kalium-Eisen-Cyanid hat zwei magnetische Axen, welche die Axe der Säule zur Mittellinie haben und in einer Ebene liegen, die auf der symmetrischen Ebene senkrecht steht und demnach durch die stumpfen Kanten der Säule geht.

Es ist klar, dafs, wenn wir eine Abstofsung zweier Richtungen, zweier magnetischen Axen annehmen, die Wirkung dieser zweifachen Abstofsung sich theilweise aufheben mufs, wenn diese Axen in der Horizontal-Ebene liegen,

während die zweifache Wirkung dann sich einfach summirt, wenn die beiden magnetischen Axen in der Vertical-Ebene sich befinden, und ihre Mittellinie ins Besondere, wie bei der vorigen Aufhängung, in der Horizontal-Ebene schwingt. Um diese Folgerung aus einer rein theoretischen Auffassungsweise zu bestätigen, ist das rothe Blutlaugensalz vollkommen geeignet. Die obige Säule, deren Seitenflächen gleichmäfsig ausgebildet waren, und deren Drehungsmoment hiernach bei jeder horizontalen Aufhängung nahe dasselbe war, wurde *erstens* so aufgehängt, dafs die symmetrische Ebene vertical, also die Ebene der magnetischen Axen horizontal, *zweitens* so, dafs die symmetrische Ebene horizontal, die Ebene der magnetischen Axen also vertical war. Beide Male stellte sich die Säule aequatorial. Wenn sie aus dieser Lage des Gleichgewichts herausgebracht wurde, machte sie bei der ersten Aufhängung 64, bei der zweiten Aufhängung 77 Schwingungen in der Minute. Diesem entspricht, dafs die richtenden Kräfte sich verhalten wie 1 : 1,41.

Kalium-Eisen-Cyanid verhält sich, was die Richtung und den Charakter der magnetischen Axen betrifft, gerade wie Arragonit. Beide Krystalle verhalten sich auch gleich in Beziehung auf die Lage der beiden optischen Axen, selbst mit Rücksicht auf die verschiedenen Farben. Ein doppelter Gegensatz ist aber vorhanden, einmal im magnetischen und diamagnetischen Verhalten der beiden Substanzen, das andere Mal darin, dafs die eine in optischer Hinsicht positiv, die andere negativ ist.

4. Diopsid, Augit.

Die Grundform des Augits und ins Besondere des Diopsids ist eine schiefe rhombische Säule, deren Seitenflächen einen Winkel von 92° 54′ bilden; der Neigungswinkel ihrer Axe gegen die Basis ist 74° 1′. Die symmetrische Ebene geht durch die spitzen Kanten.

Bei allen Diopsid-Krystallen, die uns zu Gebote standen, und theils wasserhell, theils grün gefärbt waren, wur-

den die ursprünglichen Seitenflächen durch Ebenen verdrängt, die die spitzen und stumpfen Kanten der Säule wegnahmen. Wenn eins der beiden Paare aufeinander senkrechter Seitenflächen der neuen Säule vorherrschend war, so war es immer dasjenige, welches auf der symmetrischen Ebene senkrecht stand. Die Spaltungsflächen der ursprünglichen Säule deuteten sich durch Sprünge immer noch deutlicher an. Alle Diopsid-Krystalle waren Zwillinge, die wir aus zwei einfachen Krystallen bestehend uns vorstellen können, welche den orthodiagonalen Hauptschnitt *r* gemein haben, und von welchen der eine gegen den anderen um eine auf dieser Ebene senkrechte Axe um 180° gedreht ist.

Die optischen Axen liegen in der symmetrischen Ebene, die zweien Seitenflächen der rechteckigen Säule parallel ist und auf den vorherrschenden beiden anderen *r* senkrecht steht. Sie bilden nach Hrn. Miller mit der Normalen auf die Fläche *r* die Winkel 80° 34′ und 21° 38′, und ihre Mittellinie bildet also mit derselben Normale den Winkel 51° 6′, während der von ihnen selbst gebildete Winkel 58° 56′ beträgt [1]). Die Axen der rothen Strahlen liegen in beiden Systemen der Normalen auf *r* zugekehrt. Das eine Ringsystem sieht man unmittelbar, wenn man durch die Fläche *r* hindurchsieht, das andere durch Flächen, die man senkrecht gegen die Axe der Säule anschleift. In dem letzten Ringsysteme scheint das Auseinandertreten der Ringe geringer als in dem ersten. Diopsid ist in optischer Hinsicht *positiv*. Die angegebene Zwillingsbildung wird durch das optische Verhalten bestätigt. Durch die Zusammensetzungsfläche *r* hindurchsehend erblickt man in einem Zwillinge bei schicklicher Neigung, wenn die symmetrische Ebene mit der ursprünglichen Polarisations-Ebene zusammenfällt, zwei Bilder, geneigt gegen die Normale, dieser zunächst auf beiden Seiten die Axen für rothe Strah-

1) In der, Pogg. Ann. Bd. 55, mitgetheilten Abhandlung, welcher diese Notizen entnommen sind, ist ersichtlich durch einen Druckfehler der Winkel zwischen Normale und Mittellinie auf 56° 6′ angegeben.

len. Diese beiden Bilder sind mehrfach für die den beiden Axen des einfachen Krystalls entsprechenden Ringsysteme genommen worden, bis Hr. Nörremberg den Irrthum berichtigte und die zusammengehörigen Bilder nachwiefs. Jener Irrthum brachte eine falsche Bestimmung der gegenseitigen Lage der Axe für verschiedene Farben mit sich.

Nur in dem seltenen Falle, dafs die beiden Zwillings-Krystalle senkrecht gegen ihre Ansetzungsfläche *r* gleich dick sind, sind die beiden durch diese Fläche gesehenen Ringsysteme gleich weit, und nur in diesem Falle ist der obige Irrthum zu entschuldigen. Wenn man den einen Zwillings-Krystall parallel mit der Fläche *r* abschleift, so werden die Ringe des einen Systems immer weiter, bis sie zuletzt ganz verschwinden, während die Ringe des anderen Systems unverändert bleiben. Wenn auch diese anfangen sich zu erweitern, sind wir sicher, einen einfachen Krystall vor uns zu haben. Die beiden Ringsysteme entsprechen derselben optischen Axe in den beiden Zwillings-Krystallen. So wenig wie das Bild in einem senkrecht gegen die Axe geschliffenen Doppelspathe gestört wird, wenn wir diesen auf einen, durch irgend zwei parallele Flächen begränzten, beliebig dicken zweiten Doppelspath legen, dessen Hauptschnitt in die ursprüngliche Polarisations-Ebene fält, ebenso wenig stört der eine Zwillings-Krystall das Bild in dem andern. Drehen wir aber in dem einen Falle wie in dem andern das System der beiden Krystalle um die optische Axe des Bildes, so verwischt sich dasselbe. Es bestätigt dieses optische Verhalten die Art der Zwillingsbildung, wie sie oben angegeben worden ist.

Der Diopsid ist magnetisch. Ein in der oben angegebenen Weise dargestellter einfacher Krystall, der mehr die Form einer rectangulären Platte hatte, begränzt durch die Flächen *r*, wurde mit seiner Säulenaxe horizontal aufgehängt und nahm, um diese Axe gedreht, durch die aequatoriale Lage hindurchgehend, verschiedene Stellungen zu beiden Seiten derselben an. Die magnetischen Axen des Diopsids werden also von den Magnetpolen *abgestofsen*.

Wenn

Wenn bei dieser Aufhängung die symmetrische Ebene vertical war, so stellte sich dieselbe genau in die aequatoriale Lage, woraus folgt, dafs in dieser Ebene die beiden magnetischen Axen liegen. Zu derselben Folgerung gelangen wir auch daraus, dafs die symmetrische Ebene dann, wenn die Säule mit ihrer Axe senkrecht aufgehängt wird, sich ebenfalls in die aequatoriale Lage stark herumwirft. Die Säule wurde endlich so aufgehängt, dafs die symmetrische Ebene horizontal war, die Fläche *r* also vertical; alsdann stellte sie sich so, dafs der Perpendikel auf die Platte mit der aequatorialen Lage einen Winkel bildete, der nahe 46° war. Wenn der Krystall um 180° gedreht wurde, erfolgte nach der anderen Seite ein Ausschlag von nahe 47°. Auf optischem Wege wurde ermittelt, dafs diejenige Richtung, welche in beiden Fällen sich axial stellte, nach derselben Seite als die Mittellinie zwischen den optischen Axen lag, und also mit dieser, die mit der Normalen den Winkel 51° 6′ bildete, als nahe zusammenfallend zu betrachten ist.

Es ist noch zu bemerken, dafs, wenn durch einen Commutator die Polarität des Elektromagneten geändert wird, eine mit der Säulenaxe horizontal aufgehängte Diopsidplatte in die entgegengesetzte Lage herumgeworfen wird; ein Beweis von der magnetischen Coërcitivkraft des Krystalls.

Wenn wir statt eines einfachen Krystalls einen Zwilling aufhängen, so ändert sich in seiner Stellung zwischen den Magnetpolen durchaus nichts, wenn die symmetrische Ebene senkrecht ist, sey es, dafs überdiefs die Axe der Säule senkrecht ist, oder dafs sie in der Horizontal Ebene schwingt. Wenn aber die symmetrische Ebene horizontal ist, so nimmt die Richtkraft ab, und das Maximum des Ausschlages, den die Säule zu beiden Seiten der aequatorialen Lage macht, ist kleiner als früher und veränderlich von einem Zwilling zum andern. Es wurde ins Besondere ein solcher Krystall gewählt, der aus zwei in der Dicke wenig von einander verschiedenen einfachen Krystallen bestand, und in welchem man die Ansetzungsflächen deutlich unterscheiden konnte. Das Maximum des Aus-

schlages betrug etwa noch 12° nach der einen und der andern Seite. Der dickere Krystall wurde hierauf abgeschliffen bis er die gleiche Dicke mit dem andern erhielt, und der Zwilling stellte sich nun, wie erwartet wurde, dann, wenn die symmetrische Ebene horizontal war, wie überhaupt in jeder Aufhängung bei der die Säulenaxe horizontal schwang, immer genau aequatorial.

Der Diopsid ist ein in magnetischer Hinsicht negativer Krystall; seine beiden Axen haben die Mittellinie der optischen Axe zu der ihrigen und liegen in derselben Ebene.

Augit, welcher in mineralogischer Hinsicht mit Diopsid zusammengehört, und von dem vollständige kurze Säulen, mit sogenannter augitischer Zuschärfung, vom Laacher-See und den Liparischen Inseln, untersucht wurden, verhielt sich wie Diopsid und war nur noch stärker magnetisch. Nur müssen die Versuche mit derjenigen Vorsicht angestellt werden, welche die ungemein grofse Coërcitivkraft dieses Minerales erheischt, das heifst, es darf, wenn wir einen sehr starken Magneten anwenden, dasselbe den Polen nicht zu nahe gebracht werden. Eine Säule dieses Krystalls, deren Zuschärfungen zur Herstellung einer mehr symmetrischen Form fortgenommen waren, 11^{mm} lang, beinahe ebenso breit und 7^{mm} dick, blieb, zwischen den genäherten Polspitzen aufgehängt, in jeder Stellung stehen, in welche man sie brachte und eine kurze Zeit festhielt. In Folge der starken Coërcitivkraft behält ein solcher Krystall später seine magnetische Polarität auch fern vom Magneten; er richtet sich mit seiner Säulenaxe im Allgemeinen schief gegen den magnetischen Meridian in Folge des blofsen Erdmagnetismus.

(Wird von den HH. Verfassern fortgesetzt.)

VI. *Die Wirkung des Drucks, den Gefrierpunkt des Wassers zu erniedrigen, experimentell bewiesen; von W. Thomson, Professor zu Glasgow.*

(*Philosoph. Magazine* 1850 *Vol. XXXVII. p.* 123, aus den *Proceedings of the Roy. Soc. of Edinb. Febr.* 1850.)

Am 21. Januar 1849 wurde der Königl. Gesellschaft (zu Edinburgh) eine Mittheilung, betitelt: „Theoretische Betrachtungen über die Wirkung des Drucks, den Gefrierpunkt des Wassers zu erniedrigen, von Hrn. James Thomson in Glasgow" vorgelegt und seitdem in deren *Transactions, Vol. XVI. pt.* 5 veröffentlicht [1]). In diesem Aufsatz wurde bewiesen, dafs, wenn das fundamentale Axiom von Carnot's Theorie der bewegenden Kraft der Wärme zugelassen wird, sich daraus als strenge Folgerung ergiebt, dafs die Temperatur der Schmelzung des Eises durch Wirkung des Drucks erniedrigt wird, und, durch eine analoge Schlufsfolge wie die Carnot'sche, wurde aus Regnault's experimenteller Bestimmung der latenten Wärme und der Spannung des Wasserdampfes bei verschiedenen, wenig vom gewöhnlichen Frostpunkt des Wassers abweichenden Temperaturen, der Betrag dieser Wirkung für einen gegebenen Druck hergeleitet. Das Endresultat des Aufsatzes, auf Fahrenheit's Scale reducirt, war:

$$t = n \times 0{,}0135$$

worin t die Senkung der Temperatur des schmelzenden Eises, hervorgebracht durch den Zusatz von n-Atmosphären (oder dem n-fachen Druck von 29,922 Zoll Quecksilber) zu dem gewöhnlichen Druck der Atmosphäre, bezeichnet.

In dieser sehr merkwürdigen Speculation wurde ein ganz neues physikalisches Phänomen *vorausgesagt* und die wirkliche Beobachtung desselben als ein höchst interes-

1) Mit einigen vom Hrn. Verfasser gemachten Abänderungen wird sie auch in dem *Cambridge and Dublin Mathematical Journal. Nov.* 1850 erscheinen.

santer Gegenstand der experimentellen Untersuchung bezeichnet.

Um das Phänomen ohne Anwendung eines übermäfsig grofsen Drucks hervorzubringen, ist ein sehr empfindliches Thermometer erforderlich, weil die Wirkung von zehn Atmosphären wenig mehr als ein Zehntel eines Fahrenheit'schen Grades beträgt; und das angewandte Thermometer mufs, falls es auf der Ausdehnung einer Flüssigkeit in einer gläsernen Kugel oder Röhre beruht, vor dem Druck geschützt werden, weil dieser, wenn er wirkte, eine Entstaltung oder wenigstens eine Zusammendrückung des Glases, und damit eine beträchtliche Fehlerhaftigkeit der Angaben hervorbringen würde. Für ein Thermometer von äufserster Empfindlichkeit scheint Quecksilber nicht die zweckmäfsigste Flüssigkeit zu seyn, denn, wenn ein sehr enges Rohr angewandt wird, werden die Angaben einigermafsen unsicher, wegen der wahrscheinlich aus Unreinheiten der Oberfläche entspringenden Unregelmäfsigkeit der Capillar-Action, die selbst bei Anwendung des besten Quecksilbers sichtbar ist; und wenn andererseits eine grofse Kugel angewandt wird, bewirkt das Gewicht des Quecksilbers eine Entstaltung, welche, je nach der Lage der Röhre, in dem Stande des Scheitels der Quecksilbersäule eine sehr merkliche Verschiedenheit hervorbringt und damit die Angaben des Instrumentes unsicher macht.

Der erste Einwurf trifft nicht eine Flüssigkeit, welche das Glas vollkommen benäfst, und die letztere Fehlerquelle wird vermindert bei einer Flüssigkeit, die leichter als Quecksilber ist, und eben so stark oder stärker durch Wärme ausgedehnt wird. Nun ist der Ausdehnungscoëfficient des Schwefeläthers, nach Pierre, 0,00151 also 8 bis 9 Mal gröfser als der des Quecksilbers, (welcher nach Regnault = 0,000179) und die Dichtigkeit desselben ist etwa ein Zwanzigstel von der des Quecksilbers. Man wird also mit Aether ein weit empfindlicheres Thermometer als mit Quecksilber construiren können, ohne mit dem Nachtheil der angegebenen Umstände zu schaffen zu haben.

Demgemäfs liefs ich für den von mir beabsichtigten Versuch ein Aether-Thermometer von Hrn. Robert Mansell in Glasgow anfertigen. Es hat einen fast cylindrischen Behälter von $3\frac{1}{2}$ Zoll Länge und $\frac{3}{8}$ Zoll Durchmesser. Die Röhre hat ein cylindrisches Loch von etwa $6\frac{1}{2}$ Zoll Länge, und $5\frac{1}{2}$ davon sind in 220 gleiche Theile getheilt. Das Thermometer ist ganz verschlossen und hermetisch eingeschmolzen in eine Glasröhre, in welche es eben hineingeht [1]).

Beim Vergleiche dieses Thermometers mit einem Crichton'schen, dessen Elfenbeinscale Abtheilungen entsprechend etwa $\frac{1}{25}$ Grad Fahrenheit besitzt, fand ich den Bereich des Aetherthermometers ungefähr zu 3° Fahrenheit, und, so weit ich aus einem so ungenügenden Normalmaafs schliefsen konnte, waren, innerhalb des Intervalls von 31° bis 34°, 212 Abtheilungen auf der Röhre. Diefs gab als Mittelwerth jeder Abtheilung $\frac{1}{71}$ Grad. Durch eine, obwohl rohe Kalibrirung der Röhre versicherte ich mich, dafs die Werthe dieser Abtheilungen nirgends mehr als um $\frac{1}{150}$ dieser Gröfse von dem wahren Mittel abwichen. Und nach Erwägung aller Fehlerquellen halte ich es für wahrscheinlich, dafs jede Abtheilung der Röhre des Aetherthermometers zwischen $\frac{1}{69}$ und $\frac{1}{75}$ Grad Fahrenheit beträgt.

Mit diesem Thermometer und seiner Glashülle, so wie mit einem Oersted'schen Wasser-Compressionsapparat wurde der Versuch in folgender Weise angestellt.

Nachdem das Compressionsgefäfs theilweis mit Wasser und klaren Eisstücken gefüllt worden, wurde eine an einem Ende verschlossene Glasröhre von etwa 12 Zoll Länge und $\frac{1}{10}$ Zoll innerem Durchmesser eingesteckt, um durch die Compression der in ihr erhaltenen Luft den Druck der Flüs-

1) Auf Anrathen des Hrn. Prof. Forbes habe ich, bei späteren Versuchen mit diesem Thermometer in die Röhre, in welche es hermetisch eingeschlossen ist, so viel Quecksilber gegossen, dafs es seine Kugel ganz bedeckte; da ich fand, dafs wenn der Versuch in einem Zimmer angestellt wurde, die Angaben des Thermometers, ohne diese Vorrichtung, häufig dadurch gestört wurden, dafs der vom Eise freigelassene Theil des Wassers seine Temperatur ein wenig erhöhte.

sigkeit anzuzeigen; dann ward das Aetherthermometer hinabgelassen, so dafs es mit dem unteren Ende seiner Glashülle auf dem Boden des Glasgefäfses ruhte, und ein Bleiring ward angebracht, um das Wasser des Compressionsgefäfses rings um denjenigen Theil des Thermometers, wo die Ablesungen zu machen waren, frei von Eis zu halten. Darüber ward wieder Eis hinzugefügt, so dafs der Compressionscylinder oberhalb und unterhalb des klaren Raums, der etwa zwei Zoll Höhe hatte,voller Eisstücke war. Endlich ward die Röhre mit Hahn auf den Hals des Gefäfses geschraubt, Wasser bis auf den Kolben nachgefüllt und der Hahn verschlossen.

Während das Aetherthermometer auf etwa 67° stand, wurde durch Niederschraubung des Kolbens ein Druck von 12 bis 15 Atmosphären hervorgebracht. Sogleich sank die Aethersäule sehr rasch, und in wenigen Minuten stand sie unter 61°. Dann wurde der Druck plötzlich aufgehoben, und sogleich begann die Quecksilbersäule zu steigen. Auch bei mehrmaligem Wiederholen der plötzlichen Herstellung und plötzlichen Entfernung des Drucks waren die Wirkungen aufs Thermometer höchst merkbar.

Die Thatsache, dafs der Gefrierpunkt des Wassers durch einen Druck von wenigen Atmosphären merklich erniedrigt wird, war sonach aufser allen Zweifel gesetzt. Hierauf bemühte ich mich, soweit es meine Beobachtungsmittel gestatteten, durch einen sorgfältigeren Versuch zu ermitteln, bis zu welchem Grade die Frosttemperatur durch Anwendung von Druck verändert würde.

In gegenwärtiger Mittheilung werde ich blofs die erhaltenen Resultate anführen, ohne in das Detail des Versuchs einzugehen.

So weit ich es zu schätzen vermochte, fand ich, dafs ein Druck von 8,1 Atmosphären eine Senkung von $7\frac{1}{2}$ Abtheilungen an der Säule des Aetherthermometers hervorbrachte, und ein Druck von 16,8 Atmosphären eine Senkung von $16\frac{1}{2}$ Abtheilungen. Die beobachtete Temperatursenkung betrug also im ersten Falle $\frac{7,5}{71}$ oder 0°,106 F. und im letzteren $\frac{16,5}{71}$ oder 0°,232 F.

Vergleichen wir diese Resultate mit der Theorie. Gemäfs den Schlüssen, zu denen mein Bruder in dem angeführten Aufsatz gelangt ist, würde die Senkung des Gefrierpunkts vom Wasser seyn: für einen Druck von 8,1 Atmosphären $= 8{,}1 \times 0{,}0135$ oder $0°{,}109$ F. und für einen Druck von 16,8 Atmosphären $= 16{,}8 \times 0{,}0135$ oder $0°{,}227$ F. Wir haben also in beiden Fällen den höchst genügenden Vergleich zwischen Versuch und Theorie:

Beobachtete Drucke.	Beobachtete Temperatursenkungen.	Theoretische Temperatursenkungen vorausgesetzt, die Drucke seyen richtig beobachtet.	Unterschiede.
8,1 Atmosph.	0°,106 F.	0°,109 F.	— 0°,003 F.
16,8 »	0 ,232 »	0 ,227 »	+0 ,005 »

Ich hatte die Versuche mit der Erwartung begonnen, grofse Abweichungen von der Theorie anzutreffen und war daher, ich mufs gestehen, nicht wenig erstaunt, Zahlen zu finden, die mit derselben eine so merkwürdig innige Uebereinstimmung zeigten, dafs ich diese bei Erwägung, in welcher rohen Weise die quantitativen Theile des Versuchs ausgeführt worden waren (besonders die Messung des Drucks und die Schätzung der Abtheilungen des Aetherthermometers), nur einigermafsen dem Zufall zuschreiben konnte.

Ich hoffe über kurz ein Thermometer zu erhalten, welches wenigstens drei Mal so empfindlich als das bisher angewandte ist, und erwarte mit demselben das Senken oder Heben des Gefrierpunkts des Wassers schon durch eine Vermehrung oder Verringerung des Drucks von weniger als einer Atmosphäre nachweisen zu können.

Liefse sich ein zweckmäfsiges Minimum-Thermometer construiren, so würde man die Wirkungen sehr grofser Drucke leicht nachweisen können, indem man das Thermometer in eine starke Glas- oder Metallröhre einschmölze, und es sodann in einem Gemenge von Eis und Wasser,

ebenfalls in einem starken Metallgefäfs befindlich, der Wirkung einer starken Brahma'schen Presse aussetzte.

Schliefslich noch die Bemerkung, dafs dieselbe Theorie, welche den nun experimentell nachgewiesenen merkwürdigen Effect des Drucks auf den Gefrierpunkt des Wassers aussprach, auch angiebt, dafs ein entsprechender Effect bei allen Flüssigkeiten zu erwarten ist, die sich beim Gefrieren ausdehnen; dafs dagegen ein umgekehrter Effect oder eine Erhöhung des Gefrierpunkts mit Vermehrung des Drucks bei allen Flüssigkeiten in Aussicht steht, die sich beim Gefrieren zusammenziehen; und dafs in beiden Fällen die Gröfse des zu erwartenden Effects hergeleitet werden kann aus Regnault's Versuchen über den Wasserdampf (vorausgesetzt, dafs der Gefrierpunkt innerhalb der Temperatur-Gränzen seiner Beobachtungen liege), sobald die latente Wärme eines Kubikfufses der Flüssigkeit und die Aenderung ihres Volums beim Gefrieren bekannt sind.

VII. *Notiz über den Einfluſs des Druckes auf das Gefrieren der Flüssigkeiten; von R. Clausius.*

Hr. William Thomson hat eine experimentelle Untersuchung beschrieben [1]), welche er in Folge einer theoretischen Betrachtung seines Bruders James Thomson ausgeführt hat. Der letztere hatte nämlich aus dem bekannten Carnot'schen Grundsatze geschlossen, dafs der Gefrierpunkt des Wassers sich erniedrigen müsse, wenn der äufsere Druck verstärkt werde; und dieses hat sich bei dem Versuche vollkommen bestätigt.

Ich habe nun vor einiger Zeit in diesen Ann. einen theoretischen Aufsatz mitgetheilt [2]), in welchem der Carnot'-

1) *Proceedings of the Royal Soc. of Edinburgh, February* 1850, und *Phil. Mag. S. III., Vol.* 37, *p.* 123. (Siehe den vorhergehenden Aufsatz.)

2) Bd. 79, S. 368 und 500, und im Aussuge: Monatsberichte der Kgl. Preufs. Acad. der Wiss. Februar 1850.

sche Grundsatz zwar seinem Hauptinhalte nach beibehalten, aber in einem Nebenumstande verändert ist. Durch diese Veränderung werden einige der Schlüsse, welche man bisher aus dem Satze gezogen hat, unmöglich, andere dagegen bleiben gültig, und das letztere findet, wie ich dort nachgewiesen habe, gerade bei denjenigen statt, deren Richtigkeit oder grofse Wahrscheinlichkeit sich auch erfahrungsmäfsig herausgestellt hat. Da nun der obige Schlufs über den Gefrierpunkt der Flüssigkeiten jezt ebenfalls eine experimentelle Bestätigung erfahren, und dadurch für die Wissenschaft eine gröfsere Bedeutung erlangt hat, als man ihm sonst bei der Kleinheit der Unterschiede, um die es sich darin handelt, vielleicht beigelegt hätte, so glaube ich im Interesse meiner Theorie hier mit wenigen Worten darauf hinweisen zu dürfen, dafs auch dieser Schlufs zu denen gehört, die durch meine Veränderung des Carnot'schen Satzes nicht berührt werden [1]). Aufserdem wird sich durch die gleichzeitige Anwendung des ersten von mir angenommenen Grundsatzes noch ein zweiter neuer Schlufs ergeben, bei dem zwar auch so kleine Zahlen vorkommen, dafs er practisch ohne Bedeutung ist, der aber doch theoretisch der Erwähnung verdient.

Es bedarf hier keiner weitläufigen Auseinandersetzung, sondern es kann dieselbe Betrachtung, welche in meinem früheren Aufsatze für die Verdampfung einer Flüssigkeit angestellt ist [2]), fast wörtlich auf das Gefrieren derselben angewendet werden, wenn man sich das für Wärme undurchdringliche Gefäfs statt mit dem theils flüssigen, theils dampfförmigen Körper, jetzt mit dem theils flüssigen, theils festen Körper angefüllt denkt, dann statt einen neuen Theil der Flüssigkeit verdampfen zu lassen, jetzt einen Theil derselben gefrieren läfst, u. s. w.

Von den dort daraus abgeleiteten zwei Hauptgleichungen war die eine:

1) Ich brauche wohl kaum zu bemerken, dafs ich dabei nicht daran denke, dem Hrn. J. Thomson die *Priorität* dieser sinnreichen Anwendung des Carnot'schen Satzes in irgend einer Weise streitig zu machen.

2) Bd. 79, S. 385 und 504.

$$(\text{V}a.) \quad r = A(a+t)(s-\sigma)\frac{dp}{dt},$$

und diese gilt auch für das Gefrieren indem p und t wieder Druck und Temperatur, und σ das Volumen einer Gewichtseinheit der Flüssigkeit bedeuten, während s das Volumen einer Gewichtseinheit des festen Körpers (statt früher des dampfförmigen) und r die latente Wärme des Gefrierens (statt früher des Verdampfens) ist. Die letztere mufs aber hier negativ genommen werden, weil beim Gefrieren Wärme *frei* und nicht *latent* wird. Man hat also:

$$(1). \quad \frac{dt}{dp} = -\frac{A(a+t)(s-\sigma)}{r}.$$

Setzt man hierin für $\frac{1}{A}$ den Werth, welchen Joule in seiner zuletzt über diesen Gegenstand bekannt gemachten Arbeit [1]) als das wahrscheinlichste Resultat aller seiner Beobachtungen hinstellt, nämlich 423,55 (nach englischen Maafsen 772), und für a die Zahl 273, ferner in Bezug auf das *Wasser* $t = 0$, $r = 79$, $\sigma = 0{,}001$ und $s = 0{,}001087$, und drückt man endlich p anstatt in Kilogrammen auf einen Quadratmeter, in Atmosphären aus, so erhält man:

$$\frac{dt}{dp} = -0{,}00733,$$

was mit dem von J. Thomson berechneten und von W. Thomson bestätigten Werthe $-0{,}0075$ als gleich zu betrachten ist.

Die andere Hauptgleichung, welche dort aus dem ersten Grundsatze über die Aequivalenz von Wärme und Arbeit abgeleitet wurde, war:

$$(\text{III.}) \quad \frac{dr}{dt} + c - h = A(s-\sigma)\frac{dp}{dt}.$$

Um diese wiederum auf das Gefrieren anzuwenden, müssen aufser den schon vorher angegebenen Bedeutungen noch unter c und h zwei Gröfsen verstanden werden, welche sich von der specifischen Wärme des flüssigen und festen Körpers nur dadurch unterscheiden, dafs sie nicht *die* Wärme angeben, welche den Körpern mitgetheilt werden mufs, wenn sie einfach erwärmt werden sollen, sondern *die*, welche nöthig ist, wenn zugleich mit der Temperatur der Druck sich in der Weise ändern soll, wie es in der vorigen Glei-

1) *Phil. Trans. of the Royal Soc. of London for the year* 1850 *Part I. p.* 61.

chung (1) angegeben ist. Dieser Unterschied kann aber nicht bedeutend seyn, denn Regnault hat gefunden [1]), dafs Wasser sich durch eine Druckvermehrung von 10 Atom. noch nicht um $\frac{1}{30}$ Grad C. erwärmt; und da aufserdem der Unterschied bei c und h in gleichem Sinne stattfindet, und sich also in der Differenz $c - h$ subtrahirt, so kann man unter $c - h$ mit ziemlicher Annäherung die Differenz der beiden einfachen specifischen Wärmen verstehen. Substituirt man in (III.) für $\frac{dp}{dt}$ seinen durch (1) bestimmten Werth, und kehrt bei $\frac{dr}{dt}$ ebenso, wie vorher bei r, das Vorzeichen um, so kommt:

$$(2.)\quad \frac{dr}{dt} = c - h + \frac{r}{a+t}.$$

Es ergiebt sich also, dafs zugleich mit dem Gefrierpunkte auch die latente Wärme veränderlich seyn mufs. Für *Wasser* ist $c = 1$ und h nach Person [2]) $= 0{,}48$, und man hat also:

$$\frac{dr}{dt} = 0{,}52 + 0{,}29 = 0{,}81$$

d. h. wenn der Gefrierpunkt des Wassers durch Druck erniedrigt wird, so nimmt dabei für jeden Grad die latente Wärme um 0,81 ab.

Man darf dieses Resultat nicht mit demjenigen, welches schon von Person [3]) ausgesprochen ist, verwechseln. Dieser hat nämlich schon aus dem Umstande, dafs die specifische Wärme des Eises geringer ist, als die des Wassers, mit grofser Wahrscheinlichkeit geschlossen, dafs, wenn man den Gefrierpunkt des Wassers, ohne den Druck zu vermehren, nur dadurch erniedrigt, dafs man es vor jeder Erschütterung bewahrt, dann seine latente Wärme geringer seyn mufs, als bei 0°. Diese Verminderung läfst sich darstellen durch die Gleichung

$$\frac{dr}{dt} = c - h,$$

und die obige Gleichung (2) zeigt daher, dafs, wenn der Gefrierpunkt durch *Druck* erniedrigt wird, dann die latente Wärme noch aufser *der* Verminderung, die sie schon bei jener anderen Art der Erniedrigung erleiden würde, noch um die Gröfse $\frac{r}{a+t}$, welche beim Wasser $= 0{,}29$ ist, ab-

1) *Mém. de l'Acad. de l'Inst. de France T. XXI., Mém. VII.*
2) *Compt. rend. T. XXX. p.* 526.
3) *Compt. rend. T. XXIII. p.* 336 und diese Ann. Bd. LXX. S. 302.

nimmt; und diese Gröfse ist es, welche der vollbrachten äufseren Arbeit als Aequivalent entspricht.

Die neuere Bemerkung von Person [1]), welche darauf hinaus kommt, dafs das Eis nicht bei einem bestimmten Temperaturpunkte vollständig schmilzt, sondern schon in den nächsten Graden unter diesem Punkte etwas weicher wird, habe ich hier nicht berücksichtigt, weil dadurch die Entwicklung nur erschwert seyn würde, ohne doch eine *wesentliche* Aenderung zu erfahren, denn die Abnahme der latenten Wärme, welche der geleisteten Arbeit als Aequivalent entspricht, mufs unabhängig von allen kleinen Unregelmäfsigkeiten, welche etwa beim Schmelzen noch vorkommen können, stattfinden.

VIII. *Ueber die mechanische Theorie der Wärme; von Hrn. W. G. Macquorn Rankine in Glasgow.*

(Ein Schreiben Desselben an den Herausgeber.)

Da ich in Ihren *Annalen der Physik und Chemie*, für April 1850, einen sehr schätzbaren und interessanten Aufsatz über die bewegende Kraft der Wärme von Hrn. Clausius gesehen habe, so erlaube ich mir, Ihre Aufmerksamkeit auf einen von mir der Königl. Gesellschaft zu Edinburgh im October 1849 übergebenen, am 4. Febr. 1850 ihr vorgelesenen und in deren *Transactions*, *Vol.* XX. *pt.* I. veröffentlichten Aufsatz hinzulenken, in welchem ich, aufser anderen Resultaten, in Betreff der specifischen Wärme der Gase und Dämpfe, so wie der latenten Verdampfungswärme, zu Schlüssen gelange, die mit denen des Hrn. Clausius übereinstimmen, gestützt auf Principien und mit Hülfe einer Methode, die zwar von der seinigen in einigem Detail abweicht, in den wesentlichen Punkten aber dieselbe ist. Indem ich diefs bemerke, habe ich keineswegs die Absicht das Verdienst des Hrn. Clausius zu schmälern oder eine Eifersucht zwischen ihm und mir zu errichten; im Gegentheil bin ich erfreut, die Resultate meiner Untersuchung durch eine so ausgezeichnete Authorität bestätigt zu sehen.

Wahrscheinlich haben Sie Gelegenheit gehabt, oder

1) *Compt. rend. T. XXX., p.* 526.

werden sie haben, den von mir erwähnten Theil der *Edinburger Transactions* zu sehen [1]); sollte es jedoch nicht der Fall seyn, so bin ich bereit, Ihnen einen Abzug des Aufsatzes zu senden, sobald ich dazu einen passenden und sicheren Weg erfahren werde. Mittlerweile will ich Ihnen eine Uebersicht seines Inhalts mittheilen.

Er besteht aus einer Einleitung und vier Abschnitten.

Die Einleitung erläutert die allgemeinen Grundsätze einer Muthmafsung über die Beschaffenheit der Materie, genannt die *Hypothese von Molecular-Wirbeln*. Ihre Hauptvoraussetzungen sind folgende:

1. Jedes Atom der Materie besteht aus einem Kern oder centralen physischen Punkt, eingehüllt von einer elastischen Atmosphäre, welche durch Anziehung mit ihm verknüpft ist, so dafs die Elasticität der Körper aus zwei Theilen besteht, einem, der aus der diffusen Portion der Atmosphären entspringt und nur Volumsänderungen widersteht, dem andern aber, der, entspringend aus den gegenseitigen Actionen der Kerne und der rings um sie verdichteten Atmosphärenportionen, nicht blofs Volumsveränderungen, sondern auch Gestaltveränderungen widersteht.

2. Die durch Wärme hervorgebrachten Elasticitätsveränderungen entspringen aus der Centrifugalkraft von Revolutionen oder Oscillationen unter den Theilen der Atomen-Atmosphären, vermöge welcher sie in einen gröfseren Abstand von ihren Kernen versetzt werden und somit die nur Volumsänderungen widerstehende Elasticität erhöhen, auf Kosten der, die auch Gestaltveränderungen widersteht.

3. Das Medium, welches Licht und strahlende Wärme fortpflanzt, besteht aus den *Kernen* der Atome, die fast oder ganz unabhängig von ihren Atmosphären vibriren. *Absorption* ist die Uebertragung der Bewegung von den Kernen zu den Atmosphären, und *Radiation* die Uebertragung von den Atmospären zu den Kernen.

Die letzte Voraussetzung ist meinen Untersuchungen eigenthümlich; die beiden ersten haben mehr oder weniger Aehnlichkeit mit den Ideen Anderer vor mir.

Die Elasticität der Atomen-Atmosphäre wird als dem Mariotte'schen Gesetze folgend vorausgesetzt.

Die Hauptresultate, zu welchen diese Einleitung gelangt, sind folgende:

I. Die specifischen Gewichte der Atomen-Atmosphä-

1) Bisjetzt noch nicht. P.

ren aller Substanzen im vollkommenen Gaszustand sind umgekehrt proportional den Elasticitätscoëfficienten dieser Atmosphären.

II. *Wärmemenge* ist die *vis viva* der Bewegungen der Theilchen der Atomen-Atmosphären, diese Bewegungen mögen rotirend oder geradlinig oscillirend seyn.

III. *Temperatur* ist proportional:

$$\frac{(\text{Geschwindigkeit der Rotationen})^2}{(\text{Elasticitätscoëfficient der Atmosphäre})^3} + \text{Const.}$$

Die hinzuzufügende Constante ist dieselbe für alle Substanzen in der Natur.

IV. *Der Maximum-Druck eines Dampfs in Berührung mit seiner Flüssigkeit* wird gegeben durch folgende Formel:

$$\log P = \alpha - \frac{\beta}{\tau} - \frac{\gamma}{\tau^2},$$

worin P der Druck, τ die Temperatur, gemessen von einem Punkt, der 274°,6 C. unter dem Gefrierpunkt des Wassers liegt, und α, β, γ drei Constanten, die für jede Flüssigkeit empirisch bestimmt werden müssen (der Vergleich dieser Formel mit Regnault's und Ure's Versuchen über die Dämpfe von Wasser, Alkohol, Aether, Terpenthinöl, Petroleum und Quecksilber ward in dem *Edinb. New Philosophical Journal f. July* 1849 veröffentlicht).

Der *erste Abschnitt* des Aufsatzes enthält die allgemeine Theorie der wechselseitigen Verwandlung von Wärme und Dehnkraft in allen Substanzen. Das wichtigste der aufgestellten Principien, welches identisch ist mit dem des Hrn. Clausius, ist folgendes:

Wenn eine Gewichtseinheit von irgend einer Substanz eine Reihe von Temperatur- und Volumsveränderungen durchläuft und am Ende zu ihrem ursprünglichen Temperatur- und Volumszustand zurückkehrt, so mufs die algebraische Summe der lebendigen Kraft, die entweder in Form von Expansion und Compression oder in der von Wärme aufgewandt und erzeugt worden ist, Null seyn.

Der Ausdruck für die Wärmemenge, welche durch eine gegebene Zusammendrückung oder Ausdehnung erzeugt wird, besteht aus drei Gliedern. Das erste ist blofs von Volumsänderung abhängig. Das zweite hängt ab von gewissen Aenderungen der Molecular-Anordnung, verbunden mit Volumsänderung. Die Summe dieser beiden Glieder ist in den meisten Fällen dem aequivalent, was Hr. Clausius »äufsere Arbeit« nennt. Das dritte hängt ab von anderen

Aenderungen der Molecular-Anordnung, und entspricht der »inneren Arbeit« des Hrn. Clausius.

Der *zweite Abschnitt* handelt von wahrer und scheinbarer specifischer Wärme, besonders in vollkommnen Gasen, d. h. solchen, die den Gesetzen von Gay-Lussac und Mariotte folgen. *Wahre specifische Wärme* ist der Anwuchs der lebendigen Kraft der Atomen-Atmosphäre bei einer Temperatur-Erhöhung von einem Grad in der Gewichtseinheit, und sie ist für jede Substanz aequivalent einer gewissen Fallhöhe. *Scheinbare specifische Wärme* findet sich, wenn der wahren specifischen Wärme jene zusätzliche Wärme addirt wird, welche beim Hervorbringen von Aenderungen des Volums und der Molecular-Anordnung verbraucht wird.

Die scheinbare specifische Wärme eines vollkommenen Gases bei *constantem Volum* ist beinahe gleich der wahren. Die scheinbare specifische Wärme eines vollkommenen Gases *unter constantem Druck* übertrifft die wahre in einem gewissen Verhältnifs $1+N:1$, worin der Bruch N umgekehrt der wahren specifischen Wärme der *Volumseinheit* des Gases proportional, und wahrscheinlich eine Function der chemischen Constitution desselben ist. Der *Unterschied* dieser beiden specifischen Wärmen für die *Volumseinheit* ist gleich für alle Gase (wie auch Hr. Clausius gezeigt hat). Der Werth von $1+N$, hergeleitet aus der Geschwindigkeit des Schalls, liegt für atmosphärische Luft zwischen 1,4 und 1,41. Für Sauerstoff und Wasserstoff und wahrscheinlich für alle einfachen Gase beträgt er 1,426. Der mechanische Werth eines Centesimalgrades in atmosphärischer Luft, hergeleitet aus N, ist 238,66 engl. Fufs = 72,74 Met. Da der mechanische Werth eines Centesimalgrades in flüssigem Wasser, wie er von Joule durch Reibungs-Versuche bestimmt worden, 1389,6 engl. Fufs = 423,54 Met. beträgt, so folgt, dafs die wahre specifische Wärme der Gewichtseinheit atmosphärischer Luft ist: $\frac{238,66}{1389,6} = 0,1717$, und die scheinbare specifische Wärme unter constantem Druck: $0,1717 \times 1,4 = 0,2404$. Nach De la Roche und Bérard ist sie 0,2669. Anfangs war ich geneigt, den Unterschied einem unbestimmten Kraftverlust in Hrn. Joulé's Apparat zuzuschreiben, allein jetzt, da ich besser von seinen Versuchen unterrichtet bin, möchte ich eher glauben, dafs der Fehler hauptsächlich in den Versuchen von De la Roche und Bérard liege.

Die scheinbare specifische Wärme des *auf seinem Maximum-Druck gehaltenen Dampfs* ist = der wahren specifischen Wärme $\times \left[1 + N\left(1 - \frac{d.\log P}{d.\log \tau}\right)\right]$ und dieſs ist eine *negative* Gröſse, wie schon Hr. Clausius gefolgert hat.

Der *dritte Abschnitt* wendet die Grundsätze des ersten auf die latente und totale Verdampfungswärme an, und zeigt, *daſs die totale Verdampfungswärme, sobald der Dampf nahezu ein vollkommenes Gas ist, in einem beinahe gleichförmigen Verhältniſs mit der Temperatur wächst, und daſs der Coëfficient ihres Anwuchses mit der Temperatur beinahe gleich ist der scheinbaren specifischen Wärme des Dampfs als eines Gases unter constantem Druck.* Für Wasserdampf ist der Werth dieses Coëfficienten, nach der Bestimmung von Regnault, = der specifischen Wärme des flüssigen Wassers $\times 0{,}305$. Dieſs ist denn auch die scheinbare specifische Wärme des Dampfs, als eines permanenten Gases, *unter constantem Druck.* Die wahre specifische Wärme des Dampfs ist 0,194 und das Verhältniſs $1 + N = 1{,}57$. Diese Werthe weichen ein wenig ab von den in meiner ursprünglichen Abhandlung gegebenen, da sie aus Joule's Aequivalent berechnet wurden, statt aus den Versuchen von De la Roche und Bérard über atmosphärische Luft.

Der *vierte Abschnitt* enthält die Anwendung der Grundsätze des zweiten und dritten auf die Theorie der Dampfmaschine und zeigt, welche Abänderungen für die practische Formel von Pambour nöthig sind, um sie der wahren mechanischen Wärmetheorie anzupassen. Es wird nachgewiesen, daſs wir, vermöge der Natur der Dampfmaschine, nicht erwarten dürfen, mehr als etwa ein *Sechstel* der zur Verdampfung gebrauchten Wärme in Nutzkraft zu verwandeln, da das Uebrige in den Condensator oder die Atmosphäre entweicht. Der wirkliche Betrag dieser Umwandlung ist in vielen der gewöhnlichen Maschinen weniger als ein *Vier und zwanzigstel.*

Die Abhandlung schlieſst mit zwei Tafeln zum practischen Nutzen, erstens um den Druck des Dampfes aus dem Volum und umgekehrt zu berechnen, und zweitens um den Effect der Expansionswirkung der Dampfmaschinen zu überschlagen.

Glasgow, den 14. Sept. 1850.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.

1850. ANNALEN No. 10.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXXI.

I. *Untersuchungen über die Thalbildung und die Formen der Gebirgszüge in den Alpen; von Adolph Schlagintweit.*

Indem ich einige specielle Untersuchungen über die Thalbildung und die Formen der Gebirgszüge anstellte, war es mein Bestreben dadurch einige Anhaltspunkte für die Beurtheilung der Ursachen zu gewinnen, welche die Entstehung dieser äufseren Formen bedingen konnten. Aufser dem Interesse in geologischer Beziehung waren diese Untersuchungen auch noch für meine übrigen physikalischen Arbeiten von Wichtigkeit. Die Temperatur, die Vegetation, überhaupt das ganze Klima eines Gebirges hängen innig damit zusammen, ob solches ein massiges, hoch erhobenes Plateau bildet und von wenigen Thalfurchen durchschnitten wird; oder ob es, wie die Alpen, aus einer Reihe von steil aufgerichteten, schmalen Gipfeln besteht, zwischen denen sich nach allen Richtungen weitgeöffnete Thäler hinziehen.

Die Thäler wurden bisweilen beinahe ausschliefslich als die Wirkungen von Wasser, oder von heftigen Strömungen angesehen, bald suchte man, besonders in neuerer Zeit, tiefer liegende Ursachen in der Schichtenstellung. Die erstere Ansicht war früher die herrschende. Bouguer und Buffon [1]) glaubten sogar, dafs in den meisten Thälern die ausspringenden Winkel der einen Seite den einspringenden des entgegengesetzten Thalgehänges entsprechen, und alle Thäler in schlangenartigen Windungen durch submarine Strömungen entstanden seyen, während Pallas, Saussure und Werner theils Diluvialfluthen, theils die Erosion

1) *Théorie de la terre.* 1749.

durch Ströme und atmosphärische Niederschläge als Ursache der Thalbildung ansahen, ohne eine allgemeine Regelmäfsigkeit und weit verbreitete Meeresströmungen anzunehmen [1]). Auch schrieb man einer theilweisen Umwälzung und Einstürzung der Schichten einen localen Einflufs zu [2]).

Es dürfte als ein Fehler ähnlicher Ansichten zu betrachten seyn, dafs man die mannigfachen Formen der Thäler nur unter *einem* Gesichtspunkte zusammenfafste, und sie mit wenigen Modificationen auf *eine* Ursache zurückführte. Und doch erkennt man leicht, wie sehr sich die grofsen Erosionsthäler der Flüsse in Geschieben oder in leicht zerstörbaren Ablagerungen von den vielfach verzweigten Thälern hoher Gebirge unterscheiden, welche sich bald zu schönen Becken erweitern, bald in enge Schluchten übergehen. Es erhebt sich dabei zu beiden Seiten viele tausend Fufs hoch eine Gebirgsmasse in den mannigfachsten Gestaltungen, während wir in den ersteren Thalbildungen über den Gehängen zu beiden Seiten in geringer Höhe oft fast ganz horizontale Plateaus antreffen. In den Alpen wird es durch die grofsartige Masse des Gebirges und die verschiedenartigen Abhänge und Gipfel sehr schwer, bestimmte Gruppen und Gesetze zu unterscheiden; auch die Vegetation, die Kultur und vor allem die Producte der Verwitterung verhüllen oft die ursprüngliche Form des Gebirges. Um die daraus hervorgehenden Täuschungen zu vermeiden, ist es sehr vortheilhaft, dieselben Thäler in einem längeren Zwischenraume abermals zu untersuchen. Es war mir dieses vorzüglich in den Tauern und im Oetzthale möglich, wo ich in zwei verschiedenen Jahren längere Zeit verweilte. Die folgenden Untersuchungen gingen zunächst von den krystallinischen Schiefern der Hochalpen aus; es wurden jedoch auch die entsprechenden Formen in den Kalkzügen berücksichtigt. Ich suchte dabei, durch Benutzung unserer Höhenbestimmungen, durch die Zusammenstellung von Neigungen und durch die Construction einiger Profile

1) Man vergleiche hierzu Voigt über die Bildung der Thäler. 1791.
2) D'Aubuisson, *Traité de Géognosie I.* 1819.

möglichst zahlreiche, sicher stehende Daten zu erhalten, welche dazu dienen können, ein richtiges und scharfbegränztes Bild der charakteristischen Formen zu geben. Solche specielle Untersuchungen dürften auch für die allgemeinen Fragen der Geologie nicht ohne Werth seyn. L. v. Buch hat in seinen bekannten Untersuchungen „über Granit und Gneufs" gezeigt [1]), wie innig ihre äufseren Formen mit den wichtigsten Processen zusammenhängen, welche bei ihrem Erscheinen auf der Erdoberfläche stattgefunden haben.

Muldenformen in den Hochalpen.

Das obere Ende der Thäler ist für die Charakteristik ihrer Formen sehr wesentlich. In den Alpen trifft man dort eigenthümliche Mulden, welche auch zuweilen die grofsen Firnmeere beherbergen, die für die Existenz der Gletscher so wichtig sind. Man hat für diese Formen die Bezeichnung Mulde oder Circus gebraucht, im Französischen *cirque* (*de névé*); in vielen Theilen der deutschen Alpen findet sich auch der Name „Kahr". Die Eis- und Firnmassen der Gletscher sind sehr geeignet, die Verhältnisse im Grofsen mehr hervortreten zu lassen, indem sie kleine, unwesentliche Unebenheiten bedecken. Sie könnten nur bisweilen dadurch stören, dafs die Kämme, welche die Mulde umschliefsen, theilweise als Schneeanhäufungen erscheinen, und deshalb früher oft als blofse Schnee- und Eisberge angegeben wurden, während sie sich doch als ganz regelmäfsige Felsenkämme bei näherer Untersuchung zeigen. Die relative Erhebung dieser letzteren ist sehr verschieden; besonders in dem hintersten, höchsten Theile ist sie oft so gering, dafs nur einige groteske, ungeheuer zerklüftete Felsennadeln die Gränze der Mulde bilden; ihre Sohle ist häufig durch die Firnmassen unseren Blicken entzogen, diefs hindert jedoch nur wenig, ihre Gestaltung aus der Lage der Firndecke und aus der Richtung der Spalten zu erkennen. Auch kann man oft in etwas geringeren Höhen ganz ähnliche Formen ohne Schneebedeckung mit ih-

1) Berlin, Abhandlungen der Akademie für 1842.

nen vergleichen. Sie unterscheiden sich ziemlich deutlich von den eigentlichen „Kesselthälern"; in diesen müfsten die Linien der Neigung radienförmig gegen einen Mittelpunkt zusammenlaufen. In den alpinen Mulden zeigt sich in der Richtung der Queraxe von den beiden Rändern eine entschiedene Richtung gegen die Mitte; und wir können eine Art von Mittellinie durch die ganze Mulde herab mehr oder weniger deutlich verfolgen. Allein diese Linie und mit ihr die ganze Mulde hat eine sehr constante Neigung gegen den vorderen Ausgang. Dadurch dafs der Boden selbst nicht horizontal ist, geschah es, dafs auf vielen Karten diese Thalformen so schwer zu erkennen sind, indem die bei weitem gröfsere Neigung der begränzenden Wände in der Schraffirung nicht bestimmt genug von der sanfteren Neigung der Mulden selbst unterschieden ist. Die Ausdehnung derselben ist sehr bedeutend und die gröfsten, unter welchen sich besonders die Firnmeere der Gletscher auszeichen, erreichen $\frac{1}{2}$ Quadratmeile und darüber. Nach rückwärts und nach den Seiten sind sie durch Kämme geschlossen, welche sie in der Form des Kreissegmentes, natürlich mit manchen Unregelmäfsigkeiten, umgeben. Nach vorne gehen sie in schmälere, langgestreckte Thäler über. Der Uebergang kann allmälig seyn, meistens aber ist er ziemlich plötzlich. Die Mulde ist dort ganz offen, hat aber dabei sehr oft eine Breite von 2000 bis 3000 Fufs, so dafs es vollständig unmöglich wäre, hier eine Oeffnung in Folge von gewaltsamen Wasserbrüchen anzunehmen. Es kann keine grofse Wasseransammlung sich gebildet haben, wo kein Damm vorhanden war, der ihr Abfliefsen verhinderte; auch könnte derselbe nur in einer tiefen Furche durchschnitten, nicht der ganzen Breite nach spurlos hinweggenommen seyn.

Den Typus, welchen wir bei diesen Mulden an den oberen Enden der Thäler bemerken (nämlich eine Erweiterung nicht in Folge zufälliger Ursachen, sondern in dem Zurücktreten der begränzenden Bergzüge und in dem ganzem Relicfe bedingt), finden wir auch in der weiteren Ent-

wickelung der Thäler stets wieder. Diese Erweiterungen sind unter sich durch Thalengen verbunden, wodurch allerdings ihre ursprünglich sehr einfachen Formen etwas verändert werden. Die Aufeinanderfolge von weiten Becken und Thalengen ist besonders in allen Querthälern der Alpen ungemein deutlich und sie wurde in den Thälern der Aar, Linth, Reufs, Gastein u. s. w. schon von Saussure, Leopold von Buch, Escher, Studer und Andern angegeben.

Ich werde diese Erscheinungen am übersichtlichsten darstellen, wenn ich einzelne Thäler, in denen sie sehr deutlich entwickelt sind, aufmerksam von unten nach aufwärts verfolgen. Es ist dabei unvermeidlich, zur Erläuterung der Profile auf einige mehr topographische Einzelheiten einzugehen, indem sie zur näheren Charakteristik der Formen nicht wohl entbehrt werden können.

Querthäler.

1. Das Oetzthal.

Die Mündung dieses Thales in das breite Längenthal des Inn, 5 — 6 Meilen oberhalb Innsbruck, wird durch eine schmale Oeffnung zwischen den Glimmerschieferbergen des rechten Ufers gebildet. Nur die grofse Wassermasse der Oetz zeigt an dieser Stelle, dafs hinter der engen Spalte noch ein ausgedehntes Thal sich entwickeln mufs. Es ist aus einer Reihe von grofsen Becken und Thalweitungen zusammengesetzt. Die Berge weichen dort meist auf beiden Seiten, seltener blofs auf der einen, zurück und schliefsen eine breite ebene Thalsohle ein. Diese Becken können auf zweierlei Weise verbunden seyn. Entweder ist es nur eine plötzliche Senkung der Thalsohle, eine hohe Wand, welche sie trennt, oder es findet eine längere Unterbrechung durch eine Thalschlucht statt. Das letztere ist hier häufiger, während wir die steilen Senkungen in den Tauern sehr entwickelt fanden. Man kann auf diese Weise im Oetzthale mehrere Stufen unterscheiden, welche

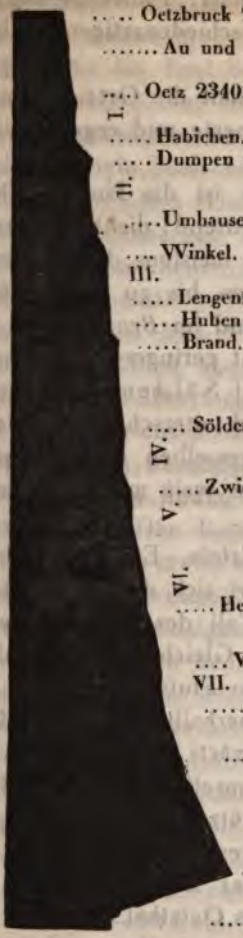
auf dem Profile ebenfalls angegeben sind. Siehe die Figur auf der folgenden Seite.

Von der Mündung bis Dorf Oetz. Der Flufs hat bis in die Nähe von Au schon das eigentliche Thal verlassen und läuft in einem tiefen Erosionsbette zwischen grofsen Schuttanhäufungen und den grofsen Kalkterrassen, welche hier von dem linken Ufer der Inn auf das rechte übergreifen. Das Thal selbst ist schluchtartig und ziemlich geneigt.

Erstes Becken bei Oetz, sehr weit und eben, theilweise mit Geröllablagerungen erfüllt, setzt sich bis Habichen fort.

Zwischen Habichen und Dumpen; jähe Senkungen; sie ist sehr steil und hat eine relative Höhe von 300 Fufs, mit grofsen Blöcken von Gneufs bedeckt, die grofsentheils durch Verwitterung an Ort und Stelle entstanden sind.

Zweites Becken bei Umhausen. Bemerkenswerth sind einige Kuppen von anstehendem Gestein, welche in demselben 100—150 Fufs hoch sich finden. Sie wiederholen sich noch in manchen ähnlichen Thälern.



Profil des Oetzthales.

Richtung des Durchschnittes im Allgemeinen von Norden nach Süden. Die drei vertical stehenden Axen bezeichnen jene Punkte, wo in dem Thale gröfsere Aenderungen der Richtung stattfinden. Verhältnifs des Höhen- zu dem Längenmaafsstabe = 1 : 6. Die römischen Ziffern beziehen sich auf die Reihenfolge der Thalbecken.

Von Umhausen bis Winkel, Thalverengung; mit bedeutender Neigung und verschiedenartigen Wirkungen der Erosion.

Drittes Becken enthält die Orte *Winkel, Lengenfeld* und *Huben.* Es ist das längste und regelmäfsigste und nur von geringer Neigung.

Von Huben bis Sölden ist die längste Thalverengung. Die Neigung ist sehr bedeutend; die Berge treten so nahe zusammen, dafs der Bach meistens den ganzen Thalboden einnimmt, wo er Erosionen bis zu 20 und 60 Fufs Tiefe bewirkt hat. Im *Winkel* und im *Brand* findet sich eine etwas breitere Thalsohle mit geringerer Neigung.

Viertes Becken bei Sölden. Es ist weniger grofs als die vorhergehenden und unterscheidet sich auch dadurch, dafs die Neigungen in demselben sowohl thalabwärts als gegen die seitlichen Berge weit mannigfacher und bedeutender sind.

Von Sölden bis Zwieselstein. Eine kurze aber sehr enge Schlucht; sie charakterisirt sich dadurch, dafs wir in ihr, durch den bedeutenden Fall des Wassers begünstigt, die tiefsten Erosionen finden. Gleich oberhalb Sölden bemerkt man die Spuren des alten Flufsbettes durch Auswaschungen im festen Gesteine oberhalb des rechten Ufers des Baches, der jetzt etwas seitwärts, 80 Fufs tiefer fliefst. Erst 100 bis 200 Fufs über demselben gestattete die steile Neigung der Berge durch Stützen und durch Sprengung der Felsen einen schmalen Weg anzulegen.

Fünftes Becken bei Zwieselstein. Dasselbe ist nicht sehr bedeutend. Das Oetzthal theilt sich hier in zwei Theile, ich verfolge jenen nach Vent und Rofen.

Von Zwieselstein bis Heiligenkreuz; das Thal ist enger und hat keine kulturfähige Sohle. Die Neigung ist weniger bedeutend als in der vorhergehenden Verengung.

Sechstes Becken bei Heiligenkreuz. Dasselbe st klein und die Erweiterung nur auf die linke Seite bechränkt. Die Neigung ist ziemlich bedeutend, jedoch von

hoch gelegenen Punkten, z. B. der Kirche aus, läfst sich die Mulde deutlich erkennen.

Von Heiligenkreuz bis Vent behält das Thal einen sehr gleichmäfsigen Charakter. Nur zuweilen tritt die eine Seite der Berge etwas zurück, z. B. bei *Winterstall*, wo ein Paar Häuser die schmale Thalsohle benutzten; von da aufwärts sind die Abhänge sich sehr genähert; auffallend ist die bedeutende Zertrümmerung des Gesteines durch die Verwitterung und die Lawinenwirkung, welche hier mit der gröfseren Erhebung eintritt.

Siebentes Becken bei Vent. Dasselbe ist zwar kleiner als jenes von Sölden, aber durch seine Regelmäfsigkeit in so grofser Höhe überraschend. Der ebene Thalboden schneidet sich meistens scharf von den begränzenden Bergen ab; es ist diefs besonders auf der rechten Seite der Fall, während auf der linken zuweilen ein allmäligerer Uebergang stattfindet. Der Boden dieser merkwürdigen Mulde, die auch durch ihre grofse absolute Höhe (5800 P. F.) unsere Aufmerksamkeit verdient, ist nicht ganz eben; er zeigt mannigfache Unregelmäfsigkeiten, die alle durch vorstehende feste Gesteinmassen bedingt sind. Die Zwischenräume sind jetzt theilweise mit Geröll bis zu 20 Fufs Mächtigkeit erfüllt, was an mehreren Stellen sehr deutlich ist, wo durch die plötzliche Entleerung des Gletschersees hinter dem Vernagt schöne Entblöfsungen entstanden. In dem Laufe des Wassers müssen die erwähnten Unebenheiten manche Veränderungen bewirkt haben. Dasselbe wurde durch diese Erhöhungen theilweise aufgehalten, es mufste kleine Tümpel von 20 — 30 Fufs Tiefe bilden, bis es allmälig die Felsen durchnagt hat.

Von Vent bis zum Hochjoch. Oberhalb Vent findet die zweite Gabeltheilung statt. Es beginnt in dem Hauptthale sogleich eine gröfsere Neigung; dieses wird enger und besonders auf der rechten Seite fallen die Wände ganz steil zur Oetz ab. Die linken Abhänge sind stets etwas sanfter geneigt; bei Rofen zeigen sie eine flachere Einsattelung,

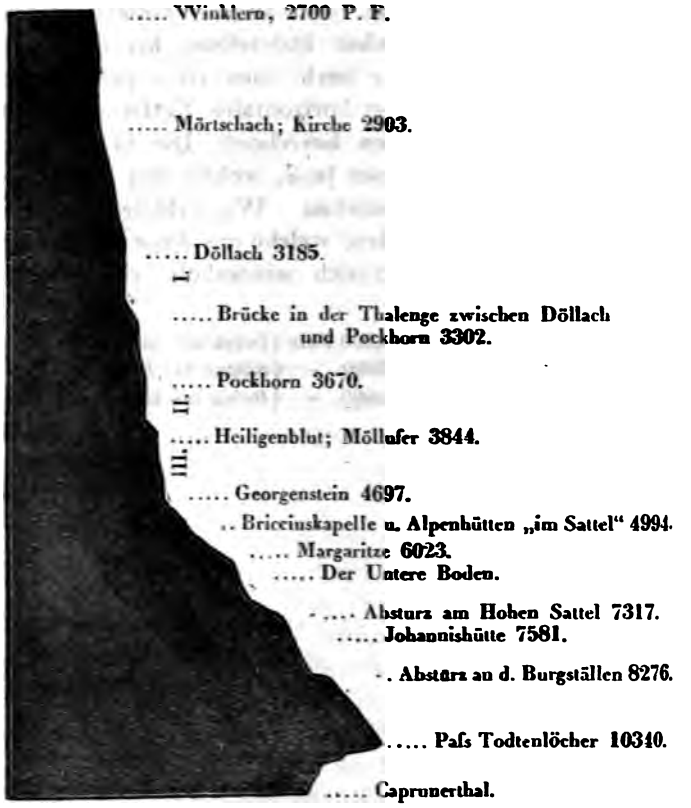
welche die Rofnerhöfe einnehmen. Es ziehen sich hierauf Terassen und niedere Abfälle vom Platteiberge bis zum Bache herab. Bei dem Vernagt-, Hintereis- und Hochjochgletscher findet sodann eine fächerförmige Vertheilung des Thales statt, welche nach allen Seiten in die grofsen weiten Firnmeere endet. Die Neigung in diesen hintersten Theilen ist im Mittel ziemlich bedeutend.

Die Abzweigungen des Oetzthales, welche ich bei Zwieselstein und bei Vent bemerkte, haben die gemeinsame Eigenschaft, dafs sie bei ihrer Mündung ein etwas höheres Niveau als das Hauptthal einnehmen. Es ziehen sich steile Senkungen von ihnen herab und wir müssen uns wohl 2—300 Fufs rasch erheben, ehe wir wieder in eine ausgesprochene Thalsohle gelangen. In dem Niederthale bei Vent tritt über dieser Terrasse keine gröfsere Mulde mehr auf; nur zuweilen sind die Abhänge der linken Seite etwas sanfter geneigt, ähnlich wie bei Rofen, so dafs sie Raum für mehrere Alpenhütten gewähren. Mit dem Marcell-, Stock- und Niederjochgletscher beginnt dann die fächerförmige Vertheilung. Das Gurglerthal ist weit bedeutender als das Niederthal. Wenn man oberhalb des Abfalls des Thales bei Zwieselstein die Thalsohle selbst erreicht hat, ist die Schlucht so enge, dafs der Weg meist ziemlich hoch an den beiden Abhängen hinführt. Bei Pill befindet sich hingegen eine sehr schöne Erweiterung, welche sich bis Gurgl fortsetzt und dort eine gröfsere Mulde als jene von Vent bildet. Sehr bemerkenswerth sind die bedeutenden Unebenheiten in derselben, welche im „Birchittenkogel“ in der Mitte des Thales eine Höhe von 300—400 Fufs erreichen. Hinter Gurgl wiederholen sich fast ganz die Verhältnisse, die wir oberhalb Rofen bemerkten. Mannigfach geformte Terrassen ziehen sich als Ausläufer des Hangererkogels in das Thal herab, welches sie sehr verengen, bis es beim Langthaler und Oetzthaler Gletscher sich in zwei Arme trennt.

Ich erwähnte schon früher, dafs der Wechsel der Neigung in enger Beziehung zu den Becken und Engen des

Oetzthales stehe, indem die ersteren stets weit sanfter geneigt sind als die letzteren. Ein anderes Gesetz, welches ebenfalls in der graphischen Darstellung hervortritt, ist, dafs die mittlere Neigung nach oben stets gröfser wird. Ihre Werthe sind aus den horizontalen Entfernungen und den Differenzen der Höhen berechnet. Die in Klammern beigefügten Orte bezeichnen jene, welche den angeführten Höhen am meisten entsprechen. Wir erhalten auf diese Weise die folgenden Zahlen, welche uns diese Erscheinung, welche bei allen Thälern sich wiederholt, sehr deutlich veranschaulichen.

Mittlere Neigung	von	2000—4000	Fufs	(Oetsbruck bis Sölden)	1° 10′
-	-	4000—6000	-	(Sölden bis Rofen)	2°
-	-	6000—9000	-	(Rofen bis Hochjoch)	6°.



Profil des Möllthales.

Richtung des Durchschnittes von Südosten nach Nordwesten. Verhältnifs des Höhen- zum Längenstabe = 1 : 6. Die römischen Ziffern beziehen sich auf die Reihenfolge der Thalbecken.

Von der Mündung in die Drau bei Möllbruck bis Winklern ist die Neigung nur gering, die Bergzüge sind so weit getrennt, dafs sie stets einer mehr oder minder breiten Thalsohle Raum geben; nur zuweilen treten kleinere Verengungen und Verschüttungen durch Erdstürze ein. Das Thal hat so den Charakter eines regelmäfsigeren Längen-

thales angenommen, indem es auch ziemlich parallel mit der Drau, Sau u. s. w. zieht.

Von Winklern bis Döllach. Ein gröfseres Becken findet sich hier noch nicht. Im Beginne ist das Thal sehr eng, so dafs kaum die schmale Strafse neben der Möll Platz findet; auf den Abhängen der rechten Seite sind einige terrassenförmige kultivirte Anhöhen. Der Thalboden wird etwas breiter bei St. Maria. Durch die Terrasse, auf welcher Mörtschach liegt, wird das Thal wieder völlig verengt, und bildet nur beim Eintritt des Wagenitzbaches eine kleine Erweiterung.

Erstes Becken bei Döllach. Dasselbe ist sehr bedeutend. Die Berge sind besonders am linken Ufer in einem weiten Bogen zurückgewichen. Diese Abhänge sind ebenfalls sanft geneigt, viel bebaut und tragen das Dorf Sagritz.

Von Döllach bis Pockhorn. Die Verengung des Thales tritt hier nicht ganz plötzlich ein. Das Gefälle wird aber bald bedeutend stärker, die Möll nimmt dann den ganzen Thalboden ein.

Zweites Becken bei Pockhorn. Dasselbe ist gegen die vorhergehende Enge scharf begränzt. Die Thalsohle ist breit und wenig geneigt.

Zwischen Pockhorn und Heiligenblut befindet sich eine jähe Senkung von 160 Fufs Höhe, der „Kniebeifs" genannt; derselbe ist durch den Schulerbühel und einige kleinere Anhöhen mit den Bergen der linken Seite in Verbindung.

Drittes Becken bei Heiligenblut. Es zeichnet sich durch seinen Umfang vorzugsweise aus. Die höchste Stelle der Wand, welche es von Pockhorn trennt, liegt etwas höher als das mittlere Niveau des Heiligenbluter Beckens; daher kommt es, dafs wir thalabwärts sehend, am Rande desselben einige kleine Erhöhungen bemerken. Die Möll mufste dadurch früher etwas zurückgehalten werden; aber jetzt hat sie sich ein Bett durch den Felsen gegraben und bildet zugleich einen bedeutenden Wasserfall über die Senkung hinab. Die ebene Thalsohle ist sehr bedeutend

und theilweise durch die Möll mit Geschieben erfüllt, eine allgemeine Wasseransammlung war hier durch den fast völlig freien Abfluſs unmöglich. Die Abhänge auf der rechten Seite des Thales sind steil, jene auf der linken sehr sanft geneigt. Die Felsen bilden auf ihnen einige terrassenförmige Abstufungen, welche die Kirche und den gröſsten Theil der Häuser tragen. In dem hinteren Theile des Beckens finden sich wieder viele hervorstehende, ganz scharfkantige Felsenmassen, die bisweilen kleine bewaldete Hügel bilden.

Von Heiligenblut bis zur Margaritze. Ein hoher, bedeutender Absturz schlieſst das dritte Becken völlig ab. Ueber ihm ist die Neigung fortwährend sehr bedeutend; die Möll flieſst in einer Schlucht, die bei dem starken Fall durch Erosion noch mehr vertieft wurde und ganz unzugänglich ist. An den Abhängen sind öfters kleine Einsattlungen, wie bei den Alpenhütten im „Sattel"; später folgen die schönen Terrassen auf der Oberen und Unteren Seite.

Der Pasterzengletscher nimmt von hier weg das Thal ein. Seine Theile sind der Untere Boden, eine schöne Erweiterung des Thales, der Absturz „am Hohen Sattel" und das ebenere Thal des Gletschers von hier bis zu den Firnmeeren. Dort begegnet man einer neuen noch bedeutenderen Senkung des Thales, welche mir als die Gränze zwischen Firn und Gletscher wichtig geworden ist. Für die vorliegenden Betrachtungen sind besonders drei Hervorragungen hervorzuheben, welche als groſser, kleiner und mittlerer Burgstall von mir bezeichnet worden sind. Sie sind ganz ähnlich den Hügeln im Heiligenbluterthale, nämlich bedeutende Unregelmäſsigkeiten des Bodens.

Die groſsen Mulden der Firnmeere; sie theilen sich in zwei Gruppen rechts und links vom Johannisberg.

Die mittleren Neigungen des Thales sind folgende:

1700—3000 Fuſs (Möllbruck bis Mörtschach) 0° 30′
3000—4000 - (Mörtschach bis Heiligenblut) 2°

4000— 6000 Fufs (Heiligenblut bis Margaritze) 7°
6000—10000 - (Margaritze bis Todtenlöcher) 9°.

Vergleicht man diese Zahlen und das Profil des Möllthals mit jenen des Oetzthals, so fällt die gröfsere Neigung auf, welche wir in dem ersteren in Höhen über 4000 F. bemerken. Das Möllthal ist hier gleichsam verkürzt. Die Becken konnten sich bei weitem nicht so schön und zahlreich entwickeln, als diefs im Oetzthale gerade zwischen 4000 und 6000 Fufs noch der Fall ist. Es treten weit mehr jähe Abdachungen ein, und die Thalsohle gelangt schon nach kurzer Längenerstreckung zu geringen Höhen herab. In den untersten Theilen wird die Neigung dann ungemein klein, sie ist jedoch hier mit dem Oetzthale nicht mehr vergleichbar, da das Möllthal seine Richtung ändert und dadurch im Verhältnifs zur Richtung der Gebirgsketten ein Längenthal wird.

3. Das Fuschthal.

Von dem Eingange bis Dorf Fusch. Die Berge sind weit genug entfernt, um einer schmalen Thalsohle noch neben dem Bache Raum zu geben.

Erstes Becken bei dem Dorfe Fusch. Die Neigung ist sehr gering; es reicht bis in die Nähe des Weilers Embach.

Von Embach bis Fehrleiten. Thalenge. Die Neigung ist ungemein bedeutend; das Wasser fliefst in einer tiefen Schlucht, oberhalb welcher die Abhänge zuweilen kleine Terrassen bilden, ähnlich jenen von Heiligenblut bis zur Margaritze.

Zweites Becken von Fehrleiten. Dieses hat einen ungemeinen Umfang und eine sehr flache Sohle. Nach aufwärts macht sich das Becken noch längere Zeit durch eine bedeutende Erweiterung des Thales geltend.

Von Fehrleiten bis zum Kamme. Das Thal geht hier in hohe Wände über, in denen die Thalsohle nur durch eine schwache Einsenkung erkennbar ist. Zuweilen finden sich

unbedeutende Einsattelungen und weiter oben einige kleine secundäre Mulden.

Neigungen

[illegible] — [illegible] Fuß	Eingang des Thales bis Dorf Fusch)	0° 30'
[illegible] — [illegible]	Fusch bis über Fenstlen	4°
[illegible] — [illegible]	Becken von Fenstlen bis zum Kamm)	12°.

Ich darf hier auch die schönen Becken des Gasteinerthales erwähnen, welche durch die Beschreibung von Leop. v. Buch schon im Anfange dieses Jahrhunderts bekannt wurden. Seine vorzüglichsten Mulden sind bei Dorf Gastein, Böckstein und im Naßfelde [1]. Die erstere derselben ist von dem Längenthale des Pinzgaus durch eine stark geneigte schmale Thalenge getrennt, die „Lender Klamm", in welcher die Wirkungen der Erosion sich bedeutend geäußert haben. Von dem Becken von Böckstein jedoch wird sie nur durch eine plötzliche steile Senkung des Thales getrennt, über welche der Bach hart neben dem Wildbad Gastein die bekannten Wasserfälle bildet. Wir bemerken dort Erosionen von 70 bis 220 Fuß Tiefe; über dieser Felsenmauer breitet sich dann die weite Sohle des Böckensteiner Beckens aus.

Es wäre ermüdend, in einer größeren Zahl von Querthälern diese Formen zu verfolgen. Aehnliche Mulden- und Circusthäler finden sich außer in dem ganzen Alpenzuge auch in den Pyrenäen [2], dem Jura und anderen Gebirgen; sie wurden schon von Hutton und Playfair in England beobachtet, die Untersuchung derselben dürfte daher ein ganz generelles Interesse haben. Ich bemerke jedoch, daß wir uns hier einzig auf die Thäler der Alpen beschränken.

Wir müssen jetzt untersuchen, ob die erwähnten Becken und Mulden größeren Wasseransammlungen ihre Form verdan-

1) Beobachtungen auf Reisen in Deutschland u. s. w. Bd. I. S. 237.

2) Vgl. das schöne Profil, welches Bernhard Cotta mitgetheilt hat. Geologische Briefe aus den Alpen Leipzig 1850, S. 157.

3) Z. B. der bedeutende *Cirque de Troumouse*, am Ursprunge des Thales von Héas, u. s. w.

danken, oder ob überhaupt solche in denselben möglich waren. Wäre das erstere der Fall, so müfsten dieselben als kesselförmige Vertiefungen betrachtet werden, die nach und nach mit Schutt ausgefüllt wurden und nun eingeebnet vorliegen. Allein diesem widerspricht entschieden der Umstand, dafs wir nicht nur sehr häufig hervorstehende Felsen finden, sondern dafs auch dieselben in nur geringer Tiefe von 10 bis 12 Fufs unter der Erde und dem Geröll fast stets anstehend vorkommen. Dafs aber die Muldenform überhaupt, nämlich das Zurückweichen der beiderseitigen Thalgehänge, nicht durch die Existenz eines Sees bewirkt werden konnte, ist an sich klar. Wir würden sonst die Folge mit der Ursache verwechseln. Die zweite Frage, ob überhaupt Wasseransammlungen dort gewesen seyen, läfst sich in den meisten Fällen leicht beantworten. Wir finden in diesen Becken gewöhnlich kleinere Gerölllagen, welche durch ihre gleichmäfsige Verbreitung sich entschieden als Sedimente aus stehenden Gewässern charakterisiren. Als Veranlassung genügten in vielen Fällen schon die Unebenheiten, welche sich in der Thalsohle selbst finden. Zuweilen (z. B. bei Lengenfeld) zeigt jedoch auch die Form der darauf folgenden Thalenge und die Tiefe des Erosionsflufsbettes, dafs hier eine Hemmung des Wasserlaufes stattgefunden hat. Jedenfalls waren diese Wirkungen nur untergeordnet und alles weist darauf hin, hier tiefer liegende Ursachen in der Form des ganzen Gebirges und in einer ursprünglichen Thalbildung zu suchen. Dieses wird noch deutlicher, wenn wir bedenken, dafs viele solcher Becken nur durch jähe Senkungen, ähnlich den Terrassenabfällen, getrennt sind. Es fehlen dann alle Felsendämme, welche eine grofse Wasseransammlung hätten bewirken können.

Längenthäler.

Die Abwechselung von Becken und Thalengen, welche in den Querthälern so constant auftritt, läfst sich auch bei den Längenthälern verfolgen. Diese Erscheinungen erlei-

den jedoch hier einige Modificationen durch die grofse Längenerstreckung und die geringere Höhe und Neigung der Thäler. Ihre Zahl ist in den Alpen sehr grofs; ehe wir zu ganz allgemeinen Betrachtungen übergehen, wollen wir für die wichtigsten Erscheinungen specielle Beispiele in den Längenthälern der Drau und Rienz anführen. Dieselben bilden eigentlich nur eine grofse Thaleinsenkung (das Pusterthal), welche die lange Kette krystallinischer Schiefer in den Tauern von den südlichen Kalkgebirgen trennt und nach zwei verschiedenen Seiten sich abdacht.

Das Drauthal [1]).

In dem oberen Theile desselben, von Lienz bis zu seinem Ursprunge, können wir deutlich drei Etagen unterscheiden.

Das grofse Becken von Lienz bildet die erste, jenes von Sillian die zweite Stufe; die Thalenge, welche sie verbindet, ist sehr lang; die Glimmerschiefer auf der einen und besonders die Kalkberge auf der andern Seite steigen hoch empor; es ist dieser Engpas als Lienzer Klause bezeichnet. Später wird die Thalsohle etwas breiter, die Neigung aber bleibt stets ziemlich bedeutend.

Das zweite ausgedehnte Becken von Sillian ist stark mit Geröll eingeebnet, theilweise noch mit Sümpfen eines früheren Seebeckens. Auch die auffallend geringe Neigung des Bodens, in welcher sich die Drau in vielen Windungen bewegt, weist darauf hin. Die Aufstauung des Wassers hängt mit der vorhergehenden Thalenge zusammen, in welcher tiefe Erosionen unverkennbar sind. Auch trugen dazu die zahlreichen Erdstürze des Drauthales bei, welche oft das Rinnsal des Wassers überschütteten.

Von Sillian bis Inichen. Die Neigung nimmt zu, auch treten die Berge näher zusammen. Zwei kleinere Becken lassen sich hier erkennen, welche durch hervorstehende Felsenkuppen und durch Senkungen getrennt sind. Die-

1) Ich übergehe hier den unteren Theil des Thales von Lienz bis zur Mündung in die Donau.

selben sind jedoch so klein, dafs wir sie mit den anderen grofsen Mulden nicht identificiren können.

Drittes Becken in Inichen. Es ist ebenfalls sehr umfangreich.

Von hier bis zur Wasserscheide bei Toblach wird zwar die Neigung wieder etwas gröfser, aber die Berge rücken nur wenig zusammen. Die Thalsohle bleibt stets breit und bebaut, mit einer gleichmäfsigen Neigung nach abwärts. Hier sammelt sich die Drau aus mehreren Quellen, vorzugsweise aus jenen von den Kalkfelsen zur rechten Seite. Auf der Wasserscheide tritt nirgend ein Kamm auf; der Uebergang von einer Richtung der Abdachung in die andere ist sehr allmälig und der Charakter des Thales bleibt ganz derselbe. Es hat die Form eines kleinen, wenig geneigten Plateaus, welches von regelmäfsigen, 3000—4000′ hohen Bergzügen eingeschlossen ist, so dafs Niemand hier eine so wichtige Wasserscheide vermuthen würde [1]). Dieses merkwürdige Thal setzt sich hierauf in derselben Richtung als Gränze zweier Gebirgssysteme fort bis Brixen. Es bietet uns zugleich ein schönes Beispiel für die völlige Unabhängigkeit seiner Bildung von dem Flusse dar, der es durchströmt; die Rienz entspringt nicht in demselben, sie gelangt etwas später aus einem südlichen Querthale schon in ziemlicher Mächtigkeit in das Thal, ohne in dem Charakter desselben die geringste Veränderung hervorzurufen. Wir heben einige der schönen Becken hervor, welche wir hier von dem unteren Ende bei der Mündung in die Eisack bis zur Wasserscheide finden.

Das Thal der Rieen (Unter-Pusterthal).

Von Brixen bis Untervintl ist die Neigung grofs und das Thal tief eingeschnitten. Die Mühlbacher Klause bezeichnet uns eine Verengung, ein Felsenthor, welches sich an der Umbiegung des Flusses nach Süden findet.

Von Vintl bis Brunecken. Die Berge sind hier fast

1) Dieselbe liegt bei der Höhe von Toblach nur 4108 par. Fufs über dem Meere.

stets weiter auseinander gerückt; die Neigung ist weit geringer; wir haben bald eine ziemlich breite, bebaute Thalsohle, bald Thalengen, wo das Wasser sich tief in die Felsen eingeschnitten hat; zuweilen, wie bei Kiens, sind dann kleine Erweiterungen.

Erstes grofses Becken von Brunecken. Dasselbe breitet sich nach einer bedeutenden Thalenge aus und trägt im grofsen Maafsstabe alle Charaktere an sich, welche wir an diesen Mulden kennen lernten. Es ist eines der umfangreichsten Becken, und durchaus nicht so mit Geröll eingeebnet, wie man es erwarten sollte, wenn es ein grofser Seeboden gewesen wäre. Sehr häufig und in ziemlicher Gröfse treten hier die Hervorragungen von festem Gesteine (theils Glimmerschiefer, theils Kalk) auf, welche wir schon bei Umhausen, Heiligenblut u. s. w. kennen lernten. Der Name „Kofel", den sie hier tragen, ist noch in vielen anderen Thälern eine charakteristische Bezeichnung für diese Unebenheiten der Thalsohle.

Von Brunecken bis Ollang findet eine bedeutende Thalverengung statt, die sich durch ihren ungemein steilen Abfall gegen die vorgehende Mulde auszeichnet.

Zweites Becken von Ollang. Es ist weit weniger bedeutend als jenes von Brunecken, aber dennoch, vorgüglich auf der rechten Seite, sehr entwickelt. Durch die Bäche aus den Kalkbergen im Süden wurde es mit einer dicken Lage von Geröll erfüllt; es scheint dieses darauf hinzuweisen, dafs in diesem speciellen Falle das Wasser durch die vorhergehende Thalenge aufgestaut und eine länger dauernde Seebildung bewirkt wurde; es ist dieses jedoch als die Folge, nicht als die Ursache der vorhandenen Thalform zu betrachten. Nach dem Abflufs des Sees konnte die erodirende Kraft des Flusses auf die Geschiebe sich äufsern. Es entstanden tiefe, breite Einschnitte, wobei wahrscheinlich zwei Perioden der Erosion stattfanden, deren Wirkungen sich deutlich unterscheiden lassen. Man findet jetzt drei verschiedene Terrassen, welche durch die Dörfer Ober- Mittel- und Unter-Ollang eingenommen wer-

den. Die obere ist die ausgedehnteste und bezeichnet das höchste Niveau der ursprünglichen Geröllablagerung. In ihr wurde die zweite und dritte Thalfurche später eingeschnitten. Wir erwähnen diese Verhältnisse deshalb, weil sie in den Längenthälern der Alpen sich mehrfach wiederholen [1]).

Von Ollang bis Welsberg. Das Thal ist meist sehr eng und Erosionen des Wassers in dem Gesteine kommen häufig vor, indem sich kleine Unebenheiten seinem Laufe entgegenstellten; unmittelbar vor Welsberg ist eine ähnliche sehr hübsche Klamm.

Drittes Becken von Welsberg und Niederndorf. Es entspricht dieses völlig jenem von Inichen. In beiden Fällen wird die Thalsohle sehr breit und zieht sich mit unverändertem Charakter bis zur Wasserscheide fort.

Die mittleren Neigungen dieser beiden Thäler wurden hier nicht zusammengestellt; dieselben sind stets sehr gering und bei den kleinen Höhenunterschieden sind sie von den Zufälligkeiten der gewählten Standpunkte zu sehr abhängig.

Ich will jetzt einige Betrachtungen über den allgemeinen Charakter der Längenthäler anreihen.

Es ist in den Alpen zuweilen etwas schwierig, die charakteristischen Unterschiede eines Längenthales anzugeben. Man würde sehr irren, wenn man erwartete, dafs dieselben stets parallel zur Hauptaxe der Alpen, von Westen nach Osten gehen müfsten. Nirgend sehen wir schöner, dafs die Alpen aus einer Reihe von *Gruppen* (*massifs*) zusammengesetzt sind, nicht aus parallelen Streifen; die Längenthäler umschliefsen diese Gruppen und nehmen dabei die verschiedensten Richtungen an. Wir treffen sie daher zuweilen auch von Norden nach Süden streichend, wie die beiden Arme des Etschthales und mehrere andere. Es

1) Ueber ähnliche Geschiebeanhäufungen in Graubündten und die Formen dieser Ablagerungen im Allgemeinen hat Martins schöne Beobachtungen mitgetheilt: „*sur les formes regulaires du terrain de transport. Bull. geol.* 1842."

lassen sich in den meisten derselben *zwei Abtheilungen* unterscheiden. Die obere charakterisirt sich durch eine stärkere Neigung und durch den Wechsel zwischen den grofsen flachen Becken mit Thalengen, welche oft sehr lang und schmal sind und wie in den Querthälern durch ihren gröfseren Fall sich auszeichnen. Das obere Ende der Thäler ist sehr verschieden. Sie können zwar wie die Querthäler an hohen Kämmen ihren Ursprung nehmen, gewöhnlich aber ist dieses nicht der Fall. Man mufs diese Thäler im Ganzen als tiefere Einsenkungen rings um die hohen *Gebirgsgruppen* betrachten. Es liegt daher ihr oberes Ende meistens tiefer als jenes der Querthäler. Die Wasserscheide zwischen zwei Längenthälern ist bisweilen durch eine breite Einsattlung gebildet, welche von hohen Bergen umschlossen ist und sich nach zwei verschiedenen Seiten sanft abdacht, wie es im Pusterthale oder am Brenner so deutlich der Fall ist. Jedoch ist diese Regelmäfsigkeit nur selten; bisweilen haben die beiden Seiten sehr verschiedene Neigungen; dieses tritt besonders bei jenen Armen ein, welche nach Süden gehen, indem hier der Fall stets bedeutender ist. Man sieht ein schönes Beispiel hiervon im Innthale, dessen ungemein breite Einsattlung am Maloja-Passe nach Süden in steilen Wänden sich niedersenkt.

Die zweite Abtheilung der Längenthäler beginnt, sobald sie bis zu gewissen Höhen herabgestiegen sind und sich als breite Einsenkungen zwischen parallelen Gebirgszügen hinziehen, welche sehr oft verschiedenen geognostischen Formationen angehören. Der Fall ist dann gering, die Thalsohle stets breit und oft auf grofse Strecken, ebenso wie die allgemeine Richtung des Thales, fast ganz unverändert. Dadurch wird ein Aufhören jener terrassenförmigen Abstufungen und Becken bedingt. Auch trifft man weit seltener anstehendes Gestein in dem Thalboden selbst. Derselbe ist hier, wo die reifsenden Alpenbäche an ihrer Geschwindigkeit so sehr verloren haben, mit dem Gerölle derselben erfüllt. Es hat dieses theilweise mächtige Lager gebildet, welche jetzt von den Flüssen wieder durchnagt

sind und an den beiderseitigen Abhängen sich noch als schmälere und breitere Bänke erhalten haben. Allein diese Wasserwirkung ist immer etwas ganz Untergeordnetes, wenn wir sie mit der Ausdehnung der Thäler vergleichen, und man sieht leicht ein, dafs die Form der letzteren selbst durch die gröfsten Wassermassen nicht hervorgebracht seyn können. Es erheben sich zu beiden Seiten nicht etwa senkrechte Wände als die Ränder eines höheren Plateaus; es weichen im Gegentheile diese Abhänge mit ihren zahlreichen Seitenthälern, Mulden und Gipfeln von den einförmigen Wirkungen des Wassers auf das Entschiedenste ab. Die Regelmäfsigkeit der Längenthäler wird nur da unterbrochen, wo sie eine plötzliche Aenderung ihrer Richtung erfahren. Es entstehen dort oft Thalengen, welche bisweilen als „Klausen" mit alten Festungswerken versehen sind und historische Bedeutung erlangt haben, da die Längenthäler die wichtigsten Strafsen durch die Alpen bilden. Solche Verengerungen treten auch häufig da ein, wo die Thäler das Gebiet der Alpen verlassen und in die nördlichen oder südlichen Ebenen austreten. Es befinden sich dort häufig enge Spalten, in welchen die erodirende Kraft der Flüsse sich vielfach an den Wänden bemerkbar macht. Aber an ein eigentliches Durchbrechen zusammenhängender Wände durch gröfsere Wassermassen dürfen wir auch hier kaum denken. Die Höhe der Erosion beträgt höchstens einige Hundert Fufs, während die umgebenden Wände viele Tausend Fufs emporragen. Diese Thore oder *Pforten* (wir erinnern an die bekannte Porta Westphalica) sind auch in anderen Gebirgen bekannt, und sie scheinen in den meisten Fällen mit einer ursprünglichen Thalbildung zusammenzuhängen. Gerade hinter diesen Pforten befinden sich oft noch ungemein weite Becken. Besonders charakteristisch dafür ist z. B. das Thal von Kufstein vor dem Austritte des Inn in die nördliche Hochebene, oder die umfangreiche Mulde von Reuti, bei der schönen Pforte des Lech bei Füfsen.

Vergleichen wir die Längenthäler mit den Querthälern,

so zeigt sich, dafs die mittlere Neigung der ersteren, sowohl im Ganzen als in ihren einzelnen Theilen, bei weitem geringer ist. Die Becken sind gröfser und flacher, die Thalsohlen im Allgemeinen breiter, und ihre Enden erreichen bei weitem nicht solche absolute Höhen, wie jene der Querthäler. Aber ebenso wie bei diesen nimmt die mittlere Neigung in den höheren Theilen zu und ist in den Thalengen am gröfsten.

Secundäre Querthäler.

Aufser Längen- und gröfseren Querthälern, deren Typus uns bis jetzt beschäftigte, giebt es noch eine grofse Reihe kleinerer Thäler. Ihr Verhältnifs zu den ersteren scheint ebenfalls wichtig und in den verschiedenen Gebirgen sehr abweichend zu seyn. In einem Gebirge mit vorherrschendem Plateaucharakter, das nur von wenigen Thalspalten durchzogen ist, werden diese Seitenthäler sehr wenige und nur von geringer Ausdehnung seyn. In den Alpen ist die Zahl derselben sehr grofs und ihr Auftreten mannigfach; ich will sie unter dem Namen *„secundäre Querthäler“* zusammenfassen.

Wenn man in einem Längenthale aufwärts geht, so bemerkt man zu beiden Seiten eine Reihe von gröfseren Querthälern, welche oft mit ziemlicher Gleichförmigkeit in dasselbe münden. Man sieht diese Oeffnungen derselben und auch die Contouren der Berge deuten diese wichtige Gebirgsspalten an. Anders ist es in den Querthälern. In der Thalsohle stehend, bemerkt man zuweilen nichts als rasch ansteigende Abhänge, fast ohne Unterbrechung; erst in gröfseren Höhen, oft mehrere Tausend Fufs über dem Thalboden, zeigen sich wieder zahlreiche Einbuchtungen. Es sind dieses die Mündungen kleinerer Thäler, welche fast rechtwinklich auf der Richtung des Hauptthales stehen. Ihre Neigungen sind gewöhnlich weit bedeutender als in den Hauptthälern; im Uebrigen wiederholen sich jedoch auch hier die abwechselnden Becken und Thalengen und die Mulden an ihrem Ende ganz in der schon beschriebe-

nen Weise. Nach vorne sind diese Thäler ganz offen und ihr Wasser fliefst dann in schmalen Rinnen, welche allein noch die Fortsetzung der Thallinie bilden, über die steilen Abhänge herab, oder es bildet die bekannten schönen Wasserfälle der Alpen. Diese Erscheinung wiederholt sich in den Querthälern der Schiefer mit grofser Regelmäfsigkeit; merkwürdig ist dabei das so vielmal höhere Niveau der secundären Thäler; ich habe schon früher eine ähnliche Erscheinung im kleineren Maafsstabe bei der Gabelung des Oetzthales bemerkt und ich glaube, dafs gerade dieser Umstand bei dem Zusammenstofsen zweier Thäler als Unterscheidungszeichen für das untergeordnetere hervorgehoben werden darf. Diese secundären Querthäler sind allgemein verbreitet und erreichen oft eine bedeutende Ausdehnung und Entwickelung. Um einen richtigen Begriff derselben zu erhalten, mufs ich erinnern, dafs zu ihren Seiten sich stets noch regelmäfsige Bergzüge von bedeutender, relativer Höhe befinden.

Aber mit ihnen sind in den Alpen die Formen der Thalbildungen noch nicht erschöpft. Selbst einzelne grofse Kämme, welche zwei Thäler trennen, sind nicht lange, spitze Prismen mit gleichmäfsig geneigten Seitenflächen, etwa wie das Dach eines Hauses. Die Gleichförmigkeit ihrer Abhänge ist sehr oft durch stark geneigte Thäler in Form sanfterer Einbuchtungen unterbrochen. An grofsen Kämmen sind sie oft bedeutend genug, um die Lagerstätte von secundären Gletschern zu werden. Wir bemerken dieses zur Seite aller grofsen Gletscherthäler. Eine sehr schöne Folge solcher Thaleinsenkungen nehmen die Gletscher des Glocknerkammes ein, welche als Typus dieser Erscheinung aufgestellt werden kann. Die Thaleinsenkungen sind unter sich durch Kämme getrennt. Dieselben sind zuweilen schmal und niedrig, oder sie sind mächtig und breit wie zum Beispiel jene, welche in der Spitze des Grofsglockners und des Schwertecks enden. Es ist überhaupt sehr häufig, dafs solche trennende Felsenlinien, wenn sie einigermafsen mächtig sind, über die mittlere Höhe des Kammes sich erheben

und als wohl charakterisirte Spitzen und Pics nach oben enden.

Solche seitliche Einsenkungen kommen auch noch weit kleiner und unentwickelter vor, als die hier beschriebenen. Sie treten bald in den unteren, bald in den oberen Theilen eines Abhanges auf; sie sind dann entweder sehr schöne wasserreiche Weideplätze oder dienen in höheren Regionen einigen Firnschichten zur Lagerstätte, wie z. B. etliche kleinen Gletschern auf den beiden Abhängen des Thalleit. Diese Unterordnung gröfserer und kleinerer Thäler und ihre grofse Verbreitung ist für die Alpen sehr charakteristisch und von wesentlichem Einflufs auf das allgemeine Relief desselben.

Thäler der Kalkalpen.

Auch bei dem Kalke finden wir denselben Typus wie bei dem Schiefer, dafs flachere Stellen, Mulden, mit engen und stark geneigten Thalengen abwechseln. Jedoch sind dieselben weniger schön entwickelt und es scheint, dafs die Gesteinart hier von einigem Einflusse ist. Der Kalk hat im Allgemeinen massenhaftere Formen, bildet zuweilen jähere Wände und mehr plateauartige Rücken als steile Spitzen. Auch hat die Erosion wegen der Auflöslichkeit des Kalkes einen weit gröfseren Einflufs; ihre Wirkungen erschweren zuweilen die Uebersicht über die ursprünglichen Thalbildungen. Ich darf vielleicht als Beispiel einige Einzelheiten aus dem Isarthale anführen. Untersuchen wir die Neigungen desselben, so bestätigen sie ebenfalls das früher erwähnte Gesetz über die Zunahme der Neigung gegen das obere Ende.

Mittlere Neigungen des Isarthales.

940 — 1500 (Mündung in die Donau bei Deggendorf bis Münden)	0° 4′ 30″
1500 — 2000 (München bis Länggries, am Austritte aus den Alpen)	0° 10′
2000 — 3000 (Länggries bis ober Scharnitz)	0° 25′ 30″
3000 — 3600 (Scharnitz bis zu der Alpenhütte im Kasten) . .	1°
3600 — 5700 (Im Kasten bis zum Haller Anger)	9°.

Haller Thal, an das Isarthal am Südabfall des Gebirgskammes sich anlehnend.

1700—4500 (Hall im Innthale bis zum Bergwerksgebäude) 8°
4500—6400 (Haller Salzberg bis zum Lafatschjoch) . . 12°.

Bemerkenswerth ist die auffallend grofse Neigung, welche wir im Hallerthale antreffen, welches am Südabfalle der Kalkkette gegen das Innthal sich befindet. Es ist dieses eine Erscheinung, welche sich in den Alpen an den gegen Süden gerichteten Abdachungen fast stets mit grofser Regelmäfsigkeit wiederholt.

Die Neigung des Isarthales wird nach oben immer gröfser; sie ist besonders gering in den weiteren Becken. Solche Becken sehen wir im Haller Anger, am Ursprunge der Isar, in kleinerem Maafsstabe; ferner im Kasten, wo mehrere Seitenthäler sich vereinigen; in Scharnitz, Mittenwald und Krün. Von Krün bis Länggries folgt auf dieses weite Becken eine sehr lange Thalenge, in welcher nur ein schmaler Fufspfad neben der Isar hinführt. Nach der Erweiterung der Thalsohle bei Länggries und Tölz strömt die Isar ohne weiteres Hindernifs aus den Alpen in die nördliche Hochebene hinaus. Ihr Lauf von hier bis zur Mündung in die Donau zeigt nur einen stetigen und raschen Fall gegen Norden; es mufs uns überraschen, hier in einer Ebene noch eine Neigung von 4,5 Minuten zu treffen. Sie hat dieses gemeinsam mit allen Flüssen, die von den Alpen zur Donau strömen. Das Flufsbett ist bald zwischen Hügeln, bald zwischen steileren Nagelfluefelsen eingeschnitten [1]), erhebt man sich auf den Rand derselben, so hat man oben eine entweder ganz flache oder doch nur wenig unterbrochene Hochebene. Dieses ist die wahre Form der Thalbildung durch Erosion, welche auch an den Nagelfluemassen der nördlichen Schweiz sehr schön beobachtet wer-

1) Flurl, Beschreibung der Gebirge von Baiern; Weifs, Südbaierns Oberfläche nach ihrer äufseren Form, 1820; Studer, Monographie der Molasse 1825; Walther, Topische Geographie von Baiern 1844 u. s. w. enthalten zahlreiche Details über den Lauf der Flüsse in der Hochebene, an dem Nordrande der Alpen.

den kann; man sieht, wie sehr verschieden sie ist von den Erscheinungen, welche in der Alpenkette selbst uns entgegentreten.

Beispiele dafür, dafs beim Zusammenstofse zweier Thäler das Niveau des weniger entwickelten oft etwas höher liegt, finden wir auch in den Kalkalpen sehr häufig; ebenso treten die secundären Thäler und besonders kleinere Mulden an den Abhängen in mannigfachen Formen auf.

Formen der Gebirgszüge.

Bei der grofsen Mannigfaltigkeit der Bergketten, welche sich zwischen den Thälern befinden, ist es sehr schwer, dieselben unter allgemeine Gesichtspunkte zusammenzufassen. Ich werde mich darauf beschränken, die hauptsächlichsten gemeinsamen Eigenschaften hervorzuheben.

Wir können uns, wie schon oben bemerkt wurde, das ganze Gebiet der Alpen in eine Reihe von Gruppen (*massifs*) gesondert denken, welche durch die Längenthäler umgränzt werden. Man fand, dafs diese Trennung in gröfsere Gruppen, sowohl in orographischer als in geognostischer Beziehung, weit richtiger sey, als die Annahme ausgedehnter paralleler Ketten, welche Ebel durch die ganzen Alpen zu verfolgen suchte. Besonders Studer hat viele dieser Gruppen unterschieden und ihre Zusammensetzung näher untersucht [1]). In diesen Gruppen, besonders in den gröfseren, welche die krystallinischen Schiefer der Centralalpen einnehmen, lassen sich meistens zwei hauptsächliche Abdachungen unterscheiden, an deren Begränzung sich eine Reihe gröfserer Berge befindet, welche die mittlere höchste Erhebungslinie bezeichnen. Diese beiden Abdachungen sind gewöhnlich von grofsen unter sich fast parallelen Querthälern rechtwinklig auf der Linie der gröfsten Erhebungen durchzogen. Auch finden sich an den beiden anderen Ausgängen der Gruppen noch kleinere Quer-

1) Geologie der westlichen Alpen, 1834. Lehrbuch der physikal. Geographie und Geologie, 1844 und 1847 u. s. w.

thäler. Eine ganz regelmäfsige Anordnung der Thäler kommt nur in wenigen Gruppen vor, indem sehr häufig bald das andere System von Querthälern überwiegend ist. Bemerkenswerth ist, dafs da, wo die Längenaxe solcher Gruppen von Westen nach Osten streicht, ihr Abfall nach Süden sehr häufig ungemein jäh ist, während sie sich nach Norden nur allmälig niedersenken. Es wiederholt sich so im Einzelnen das Gesetz, welches wir in den Alpen im Ganzen bemerken. Und ebenso wie die nördliche Hochebene bedeutend höher liegt als die südliche Po-Ebene, befinden sich auch die Längenthäler im Süden solcher Gruppen in geringeren Höhen als jene, welche sie im Norden umgränzen.

Die Querthäler im Gebiete einer solchen Gruppe sind durch parallele Höhenzüge getrennt. Sie treten auf jeder Karte als mächtige Kämme hervor, die sich keilförmig gegen das Centrum der Gruppe erstrecken und zugleich immer gröfsere absolute Höhen erreichen. Bald sind sie breiter, von beiden Seiten sich näher gerückt, und bilden so die Thalengen; bald sind sie schmäler und lassen zwischen sich Raum für die grofsen Mulden und Becken. In den hintersten Theilen werden dieselben stets schmäler; es breiten sich zwischen ihnen dann die weiten Firnmulden aus, welche wir schon früher als die charakteristischen Enden aller Hochalpenthäler kennen lernten. Dort treten diese trennenden Felsenwälle mehr als das auf, was wir als einfache Kämme betrachten können, während sie weiter nach aufsen, wo sie an Breite so bedeutend zunehmen, durch zahlreiche secundäre Thäler theilweise unterbrochen werden. Wie die trennenden Gebirgszüge von aufsen nach innen an absoluter Höhe zunehmen, so tritt dieſs auch für die Thalsohlen ein. Ja die letzteren steigen sogar etwas rascher, indem ihr Abstand von der mittleren Kammhöhe gegen das Ende der Thäler geringer wird. *Die höchsten Querthäler* finden wir im Allgemeinen da, wo auch die gröfste mittlere Erhebung der Bergmassen ist; es weist dieses auf die grofse Regelmäfsigkeit hin, welche bei der Bil-

dung der gegenwärtigen Oberfläche der Alpen stattgefunden hat.

Dieses drückt sich auch in dem schönen Verhältnisse aus, welches zwischen den mittleren Pafshöhen, Kamm- und Gipfelhöhen stattfindet. Als charakteristisch für das Relief eines Gebirges müssen erwähnt werden das Verhältnifs der Pafs- und Kamm-Höhen und die absolute Masse desselben. Das erstere wird uns besonders dadurch merkwürdig, dafs es für verschiedene Gebirge so constante Unterschiede zeigt, welche mit der Form der Erhebung innig zusammenhängen. Alexander v. Humboldt fand in seinen bekannten Untersuchungen dafür folgende Werthe: [1]).

	Mittlere Höhe der Pässe. Toisen.	Mittlere Höhe des Kammes. Toisen.	Höchster Gipfel. Toisen.	Verhältnifs zwischen Kamm und Gipfel.
Pyrenäen	1217	1250	1787	1 : 1,4
Alpen	1178	1200	2462	1 : 2
Andes	1819	1850	3941	1 : 2,1
Himalaya	2432	2432	4390 (?)	1 : 1,8

Durch die Tiefe der Pafseinschnitte und durch die Vertheilung und Ausdehnung der Thäler wird die Masse eines Gebirges wesentlich verändert. Es wäre sehr falsch, wenn man blofs nach der Kenntnifs des Areals und der hypsometrischen Bestimmungen hervorragender Punkte den ganzen Inhalt der Alpen bestimmen wollte. Die erhaltenen Zahlen würden bedeutend zu grofs werden.

Alexander von Humboldt hat in den Untersuchungen über die mittlere Höhe der Continente [2]), wegen der vielen Quer- und Längenthäler die mittlere Höhe der

1) *Annales des sciences naturelles.* T. IV. und Poggendorff's Annalen Bd. XIII. S. 522.

2) Central-Asien. Untersuchungen über die Gebirgsketten und die vergleichende Klimatologie von Alex. v. Humboldt, deutsche Bearbeitung von W. Mahlmann, Berlin 1844, Bd. I., S. 80 und S. 120—133. Als Endresultat dieser ausgedehnten Untersuchungen ergab sich, dafs »die mittlere Höhe aller continentalen Länder über dem Spiegel des Oceans 157,8^t oder 307 Meter« beträgt (S. 129).

Alpen nur zu 800' angenommen und betrachtet so das Gebirge als ein Prisma von 2700 Q. M. Grundfläche (mit Einschluſs der nord-südlich streichenden westlichen Alpen). Die ganze Masse dieses ausgedehnten Gebirgszuges würde dann auf Europa verbreitet (304000 Q. M.) die Oberfläche desselben um 3,5' erhöhen [1]).

Berge und Gipfel.

Die Berge der Alpen sind nicht groſse isolirte Kegel; sie bilden vielmehr Theile der beschriebenen Kämme, über deren mittlere Höhe sich einige jedoch bedeutend erheben. Nur in der Nähe können wir ein richtiges Bild von diesem Verhältnisse erlangen. So erscheinen manche Berge von tieferen Thälern aus als mächtige selbstständige Pyramiden, während wir in höheren Theilen ihnen gegenüberstehend uns leicht überzeugen, daſs sie nur die Theile eines längeren Kammes sind. Die Berge treten nur dann selbstständiger auf, wenn sie am Ausgange eines Kammes sich befinden [2]).

Wie in den Thälern, so ist auch an den Abhängen der Berge die Neigung durchaus nicht gleichmäſsig. Steile, fast senkrechte Wände können natürlich an jedem Theile eines Berges vorkommen; im Mittel jedoch ist die Neigung am bedeutendsten in der Nähe des Gipfels. Später folgen oft kleinere flachere Absätze und Terrassen, welche die Bewohner der Alpen sehr richtig mit eigenen Bezeichnungen unterscheiden [3]). Dadurch nehmen die Berge ungemein an Breite zu; die darauf folgenden Abhänge sind bald mehr bald weniger geneigt. Diese Unterbrechungen der Neigung durch Absätze, Sättel u. s. w. machen, daſs die Berge, von einem tiefen Thale aus gesehen, sich sehr verkürzen und ihre Contouren wesentlich verändern; es ist

1) Seite 123.

2) Dieses ist z. B. beim Thalleit der Fall; er befindet sich in der Gabelung des Oetzthales und bildet dort das Ende eines breiten Kammes, welcher fortan die beiden Thäler trennt.

3) Sattel, Saſs, Flue, Seite u. s. w.

gerade in dieser Beziehung ein hoher Standpunkt für die richtige Beurtheilung von Gebirgsformen von grofser Wichtigkeit.

In den Kalkzügen sind die Formen der Berge etwas verschieden, indem hier sehr oft die unteren Theile durch jähe Wände gebildet werden von einer Ausdehnung, die in krystallinischen Schiefern selten vorkommt. Auf dem Rücken dieser Wände sind dann flachere Stellen, über denen sich die Gipfel nur allmälig erheben.

Auf die Contouren der obersten Spitzen üben die Verwitterung und besonders die Erosion durch Hydrometeore sicher einen grofsen Einfluſs aus. Auf den schmalen Kämmen der Schiefer entstehen dadurch jene Hörner und Pic's, welche die Centralalpen auszeichnen. Wir müssen jedoch Einzahnungen, welche an den Kämmen auf diese Weise bewirkt werden, von den grofsen selbstständigen Spitzen unterscheiden, die oft mehrere 1000 Fuſs über die Umgebung sich erheben. Die letzteren hängen wahrscheinlich mit der ursprünglichen Gebirgsbildung zusammen. Wenn die Verwitterung und der Regen, denn von gröfseren Wassermassen können wir in solchen Höhen ohnehin nicht mehr sprechen, die Macht gehabt hätten, eine ausgedehnte Schicht festen Gesteins rings um einen jetzt isolirten Gipfel zu entfernen, so müſste doch dieser letztere selbst schon längst gänzlich zerstört seyn, da er diesen Einwirkungen eine verhältniſsmäſsig weit gröfsere Oberfläche darbietet, als ein massenhafter Rücken. Obgleich die Berge des Kalkes im Allgemeinen weniger gleichmäſsig zugespitzt sind, so entstehen doch bei der gröfseren Zersetzbarkeit desselben und durch die Hinwegnahme leichter zerstörbarer Körper, wie Thon und Gyps, zuweilen ungemein bizarre Formen. Diese Nadeln [1]) stürzen bei fortgesetzter Zerstörung in gröfseren Massen herab und bewirken dann jene Verheerungen, die in ihrer Nähe so gefürchtet sind [2]).

Ur-

1) Zähne *dents*, Nadeln *aiguilles*.

2) Sehr merkwürdig sind in dieser Beziehung die Diablerets bei Bex.

Ursachen der gegenwärtigen Formen der Thäler und Gebirgszüge.

Es war in dieser Abhandlung hauptsächlich mein Bestreben, die wichtigsten Formen hervorzuheben, welche in der Gebirgsbildung der Alpen so allgemein verbreitet sind. Ich mufste zugleich öfter darauf hinweisen, dafs sowohl die Erosion durch Flüsse als auch die Verwitterung nur von untergeordnetem Einflusse auf das Relief der Alpen seyn konnten.

Wie vermöchte die Erosion ein so gleichmäfsiges Ansteigen nicht nur der Thäler, sondern auch der Gebirgszüge und eine oft so regelmäfsige Vertheilung der Erhebungen zu bewirken? Wie wäre es möglich, dafs ein Alpenthal von dem Gipfel des Montblanc bis zu einer Tiefe von 3000 Fufs herab durch die Kraft des Wassers eingeschnitten würde.

Ausgezeichnete Beobachter wie Leop. von Buch [1]), Friedr. Hoffmann [2]), Omalius d'Halloy [3]), Elie de Beaumont [4]), Thurmann [5]), B. Studer [6]) und Andere wiesen schon in verschiedenen Theilen der Erde nach, dafs die Thalbildung nicht durch zufällige Erosionen bewirkt sey, sondern auf das innigste mit den Ursachen zusammenhänge, welche die ganze Form der Gebirge bedingten. Besonders sind in dieser Beziehung die vielfachen Windungen der Thäler, der grofse Wechsel in ihrer Richtung und Ausdehnung zu berücksichtigen, während bei ei-

1) *Description physique des îles Canariques.* Geognostische Beobachtungen über das südliche Tirol 1824 u. s. w.

2) Uebersicht der orographischen und geognostischen Verhältnisse vom nordwestlichen Deutschland. 1830. S. 342 u. s. w.

3) *Élémens de Géologie.* Paris 1831. S. 442 u. s. w.

4) *Mémoires pour servir à une description Géologique de la France, par* Dufrénoy *et* Elie de Beaumont an mehreren Stellen; so: *T. II. Faits pour servir à l'histoire des Montagnes de l'Oisans, p.* 339 u. s. w.; *T. IV. Recherches sur les terrains volcaniques des deux Siciles* u. s. w.

5) *Essai sur les soulèvements jurassiques.* Cah. I. 1832. Cah. II. 1836.

6) Lehrbuch der physikalischen Geographie u. Geologie 1 u. 2; 1844. 1847.

ner Bildung durch bloſse Erosion das Wasser sicher den geradesten und kürzesten Weg eingeschlagen hätte. Auch kommt es häufig vor, daſs ein Thal hohe Gebirgsketten durchsetzt, während das Wasser, wenn *dieses* seine Entstehung bewirkt hätte, einen leichten, ja oft ganz offenen Abfluſs nach einer anderen Stelle gehabt hätte. Hoffmann [1]) hat dieses besonders bei der bekannten Porta Westphalica in dem Weserthale nachgewiesen; Omalius d'Halloy [2]) führt ganz ähnliche Erscheinungen in dem Laufe der Rhone an. Wir werden also hier stets darauf hingeleitet, ursprüngliche Thalbildung anzunehmen, die erst später durch die Wirkung der Flüsse und der atmosphärischen Niederschläge theilweise modificirt wurden.

Es wäre gewiſs irrig, den groſsen Einfluſs zu verkennen, welchen noch fortwährend das Wasser verbunden mit der Verwitterung auf die Veränderung der Erdoberfläche ausübt; allein diese Einwirkungen reichen gewiſs nicht hin, um die Entstehung so ausgedehnter Thäler, wie sie in den Alpen sich finden, zu erklären. Wir werden später mehrere Beobachtungen über Erosion und Verwitterung zusammenstellen, welche theilweise als Maaſsstab für die Bedeutung derselben bei der Thalbildung dienen können.

Wenn wir auf die Ursachen der Entstehung der Thäler hier noch näher eingehen dürfen, so scheinen sie in einer Reihe von successiven Hebungen, verbunden mit einigen Senkungen zu liegen. Die groſsen Mulden, welche sich am Ende der Thäler und in ihrer weiteren Entwickelung befinden und im kleineren Maaſsstabe an den Abhängen der Berge wiederholt sind, scheinen besonders auf ein Zurückweichen der Massen hinzuweisen. Ich darf dabei erinnern, daſs die Thalbildung in den Alpen groſsentheils wohl erst dann erfolgt seyn kann, als die allgemeine Aufrichtung der Schichten vollendet war. Denn diese letztern behalten oft auf groſse Strecken gleiches Streichen und Fallen und werden häufig von einer Reihe von Thälern

1) Nordwestliches Deutschland S. 265.
2) Geologie S. 444.

durchsetzt, ohne die geringste Veränderung zu erleiden. Man dürfte wohl erwarten, dafs bei den grofsen Senkungen der Mulden die Neigung der Schichten um einige Grade verändert wurde. Jedoch müssen wir berücksichtigen, dafs die Aufrichtung der Schichten in den ganzen Alpen ungemein steil ist; es wird daher ein theilweises Zurückweichen auch ohne sehr auffallende Störungen der Neigung und der Gesteinsfolge weit leichter möglich als bei sehr flachen Lagerungsverhältnissen. Nur zuweilen bemerkt man sehr bedeutende Störungen der Schichtenstellung, besonders in den Kalkalpen, und zwar gerade da, wo die gröfsten Unregelmäfsigkeiten der Thalsohlen durch jene tiefen Senkungen bewirkt wurden, welche jetzt die Alpenseen einnehmen [1]). Es sind dieselben hauptsächlich auf den Nord- und Südrand beschränkt und fehlen in den centralen Theilen der krystallinischen Schiefer, wo die Erhebung am regelmäfsigsten ist.

Resultate.

1. Sowohl die Quer- als Längenthäler der Alpen bestehen aus einer Reihe von *Becken*, welche durch längere *Thalengen* oder durch steilere *Senkungen* verbunden sind.

2. Diese Becken bilden an den oberen Enden der Thäler weite Mulden, welche in den Hochalpen den Firnmeeren zur Lagerstätte dienen.

3. Bei dem Zusammenstofse zweier Thäler liegt sehr oft die Sohle des kleineren höher als jene des relativen Hauptthales; dieses tritt besonders sehr schön bei den secundären Querthälern ein.

4. Bei allen Thälern wird die mittlere Neigung um so gröfser; je mehr man sich dem oberen Ende derselben nähert; jedoch ist die Neigung im einzelnen in den Becken stets weit geringer als in den sie verbindenden Thalengen.

1) Ein schönes Beispiel sind die grofsen Unregelmäfsigkeiten in der Nähe des Hallstädtersees, welche Hr. L. v. Buch beschrieben hat in Geognost. Beobachtungen auf Reisen. I. S. 145.

5. In den Längenthälern ist sowohl die Neigung im Allgemeinen als in einzelnen Becken und Thalengen weit kleiner als in den Querthälern.

6. Die Längenthäler umschliefsen die einzelnen Gruppen der Alpen; sie können die verschiedensten Richtungen annehmen; sie liegen tiefer als die Querthäler, ihre Thalsohlen sind breiter und die Becken weit umfangreicher.

7. Nicht nur die Sohlen der Querthäler, sondern auch die Kämme der sie trennenden Gebirgszüge werden höher, je mehr sie sich dem Inneren einer gröfseren Gruppe (*massif*) nähern; jedoch geschieht dieses bei den ersteren rascher als bei den letzteren, so dafs der Abstand der Thalsohlen von den mittleren Kammhöhen nach oben stets geringer wird.

8. Die Höhe der Thalsohlen steht im Allgemeinen im Verhältnisse zur mittleren Erhebung des Gebirges; besonders die Querthäler erreichen daher die gröfste Höhe da, wo die bedeutendsten und höchsten Gebirgsmassen sind.

9. Die Gebirgsketten, welche sich zwischen einzelnen Querthälern befinden, sind am Anfange sehr breit und tragen an ihren Seiten zahlreiche secundäre Querthäler und kleinere Mulden. Je mehr sich die Ketten den oberen Enden der Thäler nähern, desto schmäler werden sie; sie bilden dort einfache Kämme, in denen gewöhnlich auch die hervorragenden Bergspitzen liegen.

10. Bei einzelnen Bergen der Schieferzüge ist die Neigung in den oberen Theilen in der Nähe der Gipfel am gröfsten; doch wird sie von hier nach unten nicht gleichmäfsig geringer, sondern ist von flächeren Stellen, „Sätteln", unterbrochen, mit welchen jähere Abdachungen wechseln. Die obersten Enden der Kalkberge hingegen sind oft plateauartig verflacht und unmittelbar von jähen Wänden umgeben.

11. Auf die Form der Thäler und das Relief der Alpen hatten die Wirkungen des Wassers nur einen geringen, untergeordneten Einfluss. Die einzelnen Becken waren allerdings zuweilen von kleinen Seen erfüllt, allein diesen

können sie unmöglich ihre Erweiterung verdanken. Die Erosionen in den Flufsbetten der Thalengen sind im Verhältnifs zur Masse des Gebirges ebenfalls nicht sehr bedeutend.

12. Eine Reihe von successiven Hebungen, verbunden mit einem theilweisen Zurücksinken der Masse in jenen Theilen, die wir jetzt als Mulden und Thäler finden, scheint die Form der Alpen vor allem bedingt zu haben.

II. *Mittheilung einiger Versuche über die Elektricität der Flamme und die hiedurch erzeugten elektrischen Ströme; von W. Hankel.*

Bisher war nur bekannt, dafs das Verbrennen der Körper die Erzeugung von freier Elektricität veranlafste, und alle Untersuchungen über das elektrische Verhalten der Flammen beschränkten sich daher auch einzig und allein auf die Untersuchung dieser in den Flammen vorhandenen freien Elektricität. Eine genauere Betrachtung des ganzen elektrischen Verhaltens der Flammen führte mich aber darauf, dafs der elektrische Gegensatz, welcher an gewissen Theilen der Flammen nicht unähnlich wie an einer aus Zink und Kupfer gebildeten Doppelplatte vorhanden, auch auf analoge Weise die Erzeugung eines elektrischen Stromes veranlassen müfste, wenn die nothwendige Bedingung eines geschlossenen Kreises erfüllt wäre, wobei freilich wegen des ungemein grofsen Widerstandes der Flammen keine bedeutende Stärke des Stromes erwartet werden durfte. Und in der That ist es mir gelungen, diese Ansicht, dafs die Flamme auf geeignete Weise in einen leitenden Kreis eingeschlossen, einen elektrischen Strom hervorrufen würde,

durch das Experiment selbst auf eine unzweifelhafte und unzweideutige Weise zu bestätigen.

Die Kürze der Zeit, welche mir zur Abfassung und zum Drucke dieser Mittheilungen zugemessen war, hat mir jedoch leider nicht verstattet, das elektrische Verhalten der Flammen nach allen Beziehungen hin zu betrachten; ich mufs eine vollständigere Bearbeitung dieses Themas für eine spätere Zeit versparen, und beschränke mich daher im Vorliegenden auf die Darlegung der einfachsten Verhältnisse der durch die Flammen hervorgerufenen Elektricität, wobei ich aus dem soeben schon angeführten Grunde auch aller weitern theoretischen Erörterungen mich enthalte.

Ich erinnere mich nicht, dafs Jemand auch in der oben bezeichneten Absicht, nämlich der Erzeugung elektrischer Ströme, die Flammen untersucht hat, denn ein Versuch von Andrews (Pogg. Ann. Bd. 43, S. 314) beabsichtigte nur, die Flammen an die Stelle des flüssigen Leiters in einen Kreis von verschiedenen Metallen aufzunehmen. Es heifst daselbst: „Da die Flamme der Holzkohle eine hohe Stelle in der Reihe der unvollkommenen Leiter einnimmt, so wurde es interessant zu ermitteln, ob sie wohl statt der Flüssigkeit in den Zellen des Volta'schen Apparats angewandt werden könne, kurz, ob sie die Eigenschaft eines Elektrolyten besitze. Diefs scheint indefs nicht der Fall zu seyn; denn als man Platin- und Kupferstreifen in senkrechter Stellung einander gegenüber mit der Flamme in Berührung brachte, und sie entweder mit einem Zersetzungsapparate oder mit einem Galvanometer verband, konnte kein Zeichen vom Daseyn eines elektrischen Stromes erhalten werden, obwohl sich das Kupfer rasch oxydirte.“ Die Art und Weise der Einschaltung der Platten (beide parallel und vertical in der Flamme) zeigt zur Genüge, dafs Andrews an eine in der Flamme selbst liegende elektromotorische Kraft nicht dachte, denn nach der Richtung der senkrechten Verbindungslinie zwischen den beiden von ihm in die Flamme gestellten Platten war wohl nur eine

geringe durch zufällige Ungleichheiten erregte elektrische Differenz zu erwarten. Eine nach den verschiedenen Umständen mehr oder minder grofse elektrische Differenz findet dagegen, wie sich sogleich durch die Anwendung des Condensators erkennen läfst, in der Richtung der Flamme von oben nach unten statt, und diese ist es auch, welche ich zur Erzeugung eines elektrischen Stromes angewendet habe.

Doch bevor ich zur nähern Angabe dieser Versuche übergehe, wird es zur Vermeidung von Unterbrechungen und Weitläufigkeiten nicht unpassend seyn, gleich zuvor die angewandten Apparate genauer zu beschreiben, damit ich später mich ohne Weiteres hierauf beziehen kann.

Als Brennmaterial zur Erzeugung der Flamme habe ich mich vorzugsweise des Alkohols und Aethers bedient; das spec. Gewicht des gewöhnlich angewandten Alkohols, der also stets gemeint ist, wenn kein weiterer Zusatz gemacht, betrug 0,835. Es wurden diese Flüssigkeiten entweder in eine Porcellanschale oder in einen Platintiegel von 28,6^{mm} Durchmesser und 30,9^{mm} Höhe oder in ein mit ungefähr gleicher Höhlung versehenes Eisenstück eingefüllt und angebracht; oder es wurde damit ein Flocken Baumwolle getränkt, und auf eine flache Unterlage gelegt, oder es wurden damit Lampen, und zwar vorzugsweise Lampen mit doppeltem Luftzuge und aufgesetztem Schornsteine angefüllt. Von Lampen mit doppeltem Luftzuge benutzte ich drei. No. 1 und No. 2 waren von Luhme in Berlin und stimmten in den Dimensionen derjenigen ihrer Theile, welche unmittelbar die Flamme umgaben, genau überein, während ihre sonstige Einrichtung sehr verschieden war. Der Durchmesser des äufsern Messingcylinders, welcher den Docht einschlofs, betrug 32,5^{mm}, der Durchmesser des innern Messingcylinders 22,7^{mm}. Innerhalb dieser beiden Messingcylinder befand sich in No. 1 ein neuer doppelt übereinander gelegter Docht, während in No. 2 ein schon länger gebrauchter einfacher Docht gelassen worden. Der Schornstein der Lampe No. 1 bestand aus Messingblech, der Schorn-

stein der Lampe No. 2 dagegen aus Eisenblech; beide Schornsteine waren 52^{mm} hoch und 49^{mm} breit, und stiegen, wenn sie auf die Lampe gesetzt waren, mit ihrem untern Rande 10 bis 11^{mm} unterhalb des oberen Endes des den Docht enthaltenden Messingcylinders herab. Die Lampe No. 2 war aufserdem mit einer Plattner'schen Vorrichtung zum Gebläse versehen, so dafs in den Raum zwischen dem äufsern Messingcylinder und dem eisernen Schornsteine durch fünf Röhren mit feinen Oeffnungen ein Luftstrom zugeführt werden konnte. Die Lampe No. 3 war eine ältere, eine geringere Hitze gebende von etwas abweichenden Dimensionen. Wenn eine Spirituslampe ohne weitern Zusatz erwähnt wird, so ist stets die Lampe No. 1 darunter verstanden.

Als Ableiter der Elektricität aus der Flamme diente entweder meine Hand im gewöhnlichen oder auch mit Wasser benetzten Zustande, oder ein aus einem mehrfach zusammengefalteten Bogen Papier gebildeter und mit Wasser getränkter Streifen, oder verschiedene Metallbleche und Drähte. Die Drähte waren Platindrähte; die Bleche bestanden entweder aus Platin, oder aus Eisen, oder aus Zink. Die Platinbleche waren entweder 32,7^{mm} breit, 63,6^{mm} lang und 0,23^{mm} bis 0,40^{mm} dick; oder 26,0^{mm} breit, 45,0^{mm} lang und nur 0,01^{mm} dick. Jedes dieser letztern Plättchen war an einen dickern Platindraht genietet, der an seinem freien Ende von einer Messingklemme gefafst wurde, in welche die erstern etwas dickern Bleche unmittelbar eingeklemmt wurden. Die Eisen- und Zinkplatten waren dicker, die Zinkplatten bis 3,7^{mm} (um die Schmelzung zu vermeiden), aber ungefähr ebenso breit als die Platinplatten. Auch sie wurden in der Messingklemme befestigt. Zur Ableitung der Elektricität eines untern Theils der Flamme wurden entweder die so eben erwähnten Vorrichtungen angewendet, oder es wurde die Lampe oder der Platintiegel oder das eiserne Gefäfs unmittelbar mit einem Leitungsdrahte in Verbindung gebracht.

Isolirungen, wo sie nöthig waren, geschahen durch Harz-

kuchen, Schellackstiele und gefirnifste Gläser von passender Form.

Um die freie Elektricität in der Flamme wahrzunehmen, bediente ich mich eines aus zwei sorgfältig auf einander abgeschliffenen Messingplatten von 206^{mm} Durchmesser gebildeten Condensators. Die Zuleitung zu diesen Platten geschah durch zwei gleiche Platindrähte, welche mit ihrem einen Ende unmittelbar mit der Flamme oder mit der die Bleche tragenden Messingklemme, oder mit der Lampe oder dem Platintiegel in Verbindung waren, während ihr anderes Ende die mit destillirtem Wasser befeuchteten Streifen Fliefspapier, welche die von jeder der beiden Condensatorplatten ausgehenden Fortsätze umgaben, berührte. Wenn eine der beiden Platten mit der Erde ableitend verbunden werden sollte, so geschah diefs durch die Verbindung des mit ihr auf die angegebene Weise in Berührung befindlichen Platindrahtes mit einem Kupferdrahte, der seinerseits wieder an dem Blitzableiter des Hauses metallisch befestigt war. Die Ladung des Condensators wurde in Beziehung auf die Art der Elektricität durch die Annäherung an ein Bohnenberger'sches Elektrometer, und in Bezug auf ihre ungefähre Stärke durch Anlegung der Condensatorplatte an den Knopf eines Bennet'schen Goldblattelektrometers, dessen beide Blättchen ungefähr 25^{mm} lang waren, bestimmt.

Zur Wahrnehmung des elektrischen Stromes, welchen die Flamme erzeugte, war es bei dem in der Flamme selbst vorhandenen grofsen Widerstande nöthig, einen Multiplicator mit möglichst langem Drahte und möglichst vielen Windungen anzuwenden, und ich bediente mich daher des in dem hiesigen Cabinette befindlichen, von meinem verehrten Collegen Fechner schon vor einer Reihe von Jahren construirten Instrumentes (Pogg. Ann. Bd. 45, S. 325). Es besitzt dieser Multiplicator einen Draht von 16454 F. Länge, welcher 12076 Umwindungen bildet. Als Doppelnadel benutzte ich zuerst ein schon von früher her darin befindliches Nadelpaar, welches 16″ zu einer Schwingung bedurfte; die Nadeln waren etwas schwer und hatten eine

rhombische Gestalt. Später ersetzte ich dieses Nadelpaar durch ein anderes aus zwei runden Nadeln von englischem Gufsstahl, 112,6^{mm} lang und 1,8^{mm} dick, diese Stahlnadeln wurden glashart gemacht und durch einen starken Elektromagnet magnetisirt. Da ich eine gröfsere Anzahl Nadeln angefertigt und magnetisirt hatte, so fanden sich unter ihnen zwei, welche sehr nahe gleiche Stärke besafsen, und durch einige leichte Striche, welche der stärkern dieser Nadeln mit einer andern magnetischen Nadel im umgekehrten Sinne ertheilt wurden, um sie etwas zu schwächen, erhielt ich ein Nadelpaar, das aufserhalb des Multiplicators eine Schwingungsdauer von 70″ besafs. Bei einer Schwingungsdauer von dieser Gröfse wirkten aber die aus den Drahtwindungen zu beiden Seiten gebildeten Kupfermassen zu stark auf die Nadeln, so dafs diese einen doppelten Stand annahmen, je nachdem ihre Pole der einen oder der andern Kupfermasse genähert wurden. Es bedurfte defshalb einer Compensation, um diese Anziehung der Kupfermassen aufzuheben. In diesem Zustande mit einer Compensation ist jedoch der Multiplicator nicht zu den nachstehend verzeichneten Versuchen angewandt worden; er wurde nämlich vor der Wiederaufnahme dieser Versuche erst noch zu einer andern Untersuchung benutzt, und durch eine erhaltene äufsere Einwirkung änderte sich der Magnetismus im Nadelpaar, so dafs die Schwingungsdauer auf 45″ zurückkam. Bei dieser Schwingungsdauer zeigte die Doppelnadel auch ohne Compensation keine doppelte Stellung mehr, sondern stellte sich immer auf einer bestimmten Stelle ein, die nahe in der Richtung des magnetischen Meridianes lag, während sie in dem frühern Zustande sich senkrecht auf denselben stellte. Eine Compensation wurde also jetzt nicht mehr erfordert; doch war der Einflufs der Kupfermassen an den Schwingungen der Nadel stets bemerkbar, so dafs die einzelnen Grade der Theilung nicht mit gleicher Leichtigkeit durchlaufen wurden. Eine genauere Angabe ist überflüssig, weil Zahlenwerthe, wo sie im Folgenden angeführt werden, doch nur als ungefähres

Maafs in Bezug auf die nächst vorhergehenden oder nachfolgenden Versuche gelten sollen. Die Nadel wurde übrigens nicht auf denjenigen Punkt gestellt, wo sie am leichtesten beweglich war, sondern 2 bis 3 auch 4 Grad davon entfernt, weil die hierdurch erlangte Empfindlichkeit noch hinlänglich war. Das Instrument stand in einem Fenster und das Nadelpaar war durch eine Glasglocke gegen Luftzug von aufsen sorgfältig geschützt; dessenungeachtet war es nicht möglich irgend Beobachtungen anzustellen, wenn gegen das Fenster ein kalter Wind in einzelnen Stöfsen trieb; die Nadel gerieth durch die Temperaturungleichheiten, welche unter der Glocke entstanden, in Schwingungen bis zu 10° und darüber. Auch mitten in einem grofsen Saale, der auf drei Seiten mit Fenstern versehen war und in welchem das Instrument auf einem festen Steinuntersatz stand, gerieth die Nadel gleichfalls in solche Schwingungen. Bei ruhigem Wetter stellte sich aber die Nadel sehr ruhig ein und kehrte im Laufe einer Versuchsreihe entweder genau wieder zu derselben Ruhelage zurück, oder änderte dieselbe nur so sehr wenig, dafs diese ihre Aenderung der Zeit proportional gesetzt werden konnte; es wurde daher vor und nach jedem Ausschlage in Folge des Durchgangs eines elektrischen Stromes die Ruhelage der Nadel bestimmt, und das Mittel aus beiden mit dem Stande der Nadel unter der Einwirkung des Stromes verglichen. In den meisten Fällen bestimmte ich die Ruhelage der Nadel nicht dadurch, dafs ich abgewartet hätte, bis die Bewegungen der Nadel gänzlich verschwunden, sondern es wurden, wenn die Schwingungsbogen nicht mehr bedeutend waren, drei, fünf oder mehr Ablesungen in den äufsersten Ständen der Nadel gemacht, und daraus die Ruhelage berechnet. Die Abweichung der Nadel, bei welcher sie zur Ruhe kam, wenn ein Strom durch den Multiplicator ging, von der Lage, in welcher dieselbe ohne vorhandenen Strom in Ruhe war, bezeichne ich in dem Folgenden kurz als Ausschlag, die weiteste Entfernung von der ursprünglichen Ruhelage dagegen, welche die in Bewegung befindliche Na-

del bei ihren Schwingungen erreichte, als Schwankung. — Um die Richtung des Stromes innerhalb des Multiplicators oder auch eines andern Theiles des Kreises umzukehren, war ein Commutator von bekannter Construction eingeschaltet. Dieser Commutator war auch vortheilhaft, wenn es sich z. B. bei Anwendung des weniger astatischen Nadelpaars darum handelte, eine Wirkung des schwachen elektrischen Stromes sichtbar zu machen; diefs Nadelpaar hatte eine Schwingungsdauer von 16″. Es wurde nämlich dann jedes Mal nach Verlauf von 16″ der Commutator umgelegt, um die Rückschwankung durch Hinzufügung der Wirkung des jetzt umgekehrt geleiteten Stromes zu vergröfsern, und dieses Umlegen des Stromes, so oft es nöthig war, wiederholt.

Ein bedeutender elektrischer Gegensatz findet, wie schon oben erwähnt, in der Flamme in der Richtung von oben nach unten statt. Man kann denselben leicht nachweisen, wenn man eine Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge mit der Erde und der untern Condensatorplatte verbindet, während ein in der Flamme derselben isolirt aufgestelltes Platinblech (oder Platindraht oder anderes Metall) mit der obern Condensatorplatte verbunden ist. Die obere Condensatorplatte erhält sogleich positive Elektricität. Wenn man umgekehrt die Lampe isolirt und mit der obern Condensatorplatte verbindet, und das in der Flamme aufgestellte Metallblech mit der Erde und der untern Condensatorplatte in leitende Verbindung bringt, so erhält die obere Condensatorplatte durch die Lampe positive Elektricität. Die in dem Condensator angehäufte Elektricität ist so stark, dafs sie die beiden Goldblättchen des Bennet'schen Elektrometers zu einer Divergenz von mehreren und selbst vielen Linien bringt, je nach den getroffenen Einrichtungen.

Becquerel ist geneigt, den gröfsern Theil der auf diese Weise erhaltenen Elektricitäten auf Rechnung der ungleichen Temperaturen zu setzen, welche zwischen dem in der Flamme befindlichen glühenden Platinbleche und

dem Metalle der Lampe, aus welcher der Alkohol verbrennt, statt hat, und also nur den geringern Theil der Verbrennung selbst zuzuschreiben, welcher Pouillet das ganze Quantum der erzeugten Elektricität beimafs. Es schien mir daher nöthig, Versuche anzustellen, bei welchen die Erhitzung des Metalles in der Flamme zum gröfsten Theile oder auch gänzlich vermieden war. Wurde die Lampe isolirt und mit der obern Condensatorplatte verbunden, während die untere zur Erde abgeleitet war, so erhielt die obere Condensatorplatte sofort positive Elektricität gerade wie vorhin, wenn ich über die Flamme ein mit der Erde in leitender Verbindung stehendes grofses Eisenstück so schnell, dafs keine merkliche Erhitzung einer Stelle veranlafst wurde, hinwegzog. Dasselbe geschah auch bei gleicher Vorrichtung, wenn die Flamme durch einen darüber gehaltenen nassen Papierstreifen oder durch meine in einiger Höhe darüber befindliche Hand abgeleitet wurde. Um das Metall selbst an dem untern Theile der Flamme, nämlich an der Lampe zu vermeiden, schüttete ich Alkohol in ein porcellanenes Gefäfs, und setzte dieses durch einen feuchten Papierstreifen und einen daran stofsenden Platindraht mit dem Condensator in Verbindung. Die einfachste Vorrichtung, um alle Metalle mit Ausnahme der beiden Condensatorplatten zu vermeiden, war, dafs ich einer zweiten Person die mit Alkohol gefüllte porcellanene Schale in die eine Hand gab, und diese Hand durch einen feuchten Papierstreifen mit dem Alkohol verband, während die andere Hand an dem mit feuchtem Papiere bekleideten Fortsatz der untern Condensatorplatte gelegt wurde; dafs ich mich ferner selbst auf eine Isolirvorrichtung stellte, die eine Hand an den mit feuchtem Papiere bekleideten Fortsatze der obern Condensatorplatte legte, und die andere Hand über die Flamme hielt. Die obere Condensatorplatte erhielt von mir negative Elektricität. Als wir unsere Rollen vertauschten, ich die Schale mit brennendem Alkohol in die Hand nahm, während die zweite Person die Flamme mit ihrer einen Hand ableitete, so lud ich die von mir berührte Conden-

satorplatte positiv. In wieweit die elektrische Ladung des Condensators ohne Anwendung der Metalle in ihrer Stärke geändert wird, wage ich ohne genaue Messungen nicht zu entscheiden, indem hierzu viel Nebenumstände, wie die Gröfse der Flamme, die Gröfse, der Ort und die Stellung der Ableitungsfläche, die ableitenden Umgebungen u. s. w. sich einen sehr bemerbaren Einflufs verschaffen.

Es hat bis jetzt wohl Niemand gerade auf die Ableitung des einen Theils der Flamme bei diesen Versuchen ein besonderes Gewicht gelegt; und doch ist diese einseitige Ableitung zu dem Gelingen derselben unentbehrlich. Wo die Versuche ohne eine solche zu gelingen scheinen, wird dieselbe doch ganz unvermerkt sich eingestellt haben. Wenn ich die Lampe auf einen Harzkuchen setzte, so erhielt die obere Condensatorplatte durch ihre Verbindung mit dem in der Flamme aufgestellten Platinbleche, während die untere Condensatorplatte eine Ableitung zur Erde besafs, keine elektrische Ladung; eben so wenig oder nur in sehr geringem Grade geschah diefs, wenn sie mit der Lampe in Verbindung gesetzt war, und die Flamme keine (besondere) Ableitung erhielt. Wenn in dem letztern Falle sich bisweilen eine etwas stärkere Elektricität zeigte, so lag die Schuld daran, dafs durch die Bewegung meiner Hände oder die Annäherung meines Körpers oder durch die in der Umgebung überhaupt befindlichen höhern Gegenstände eine Ableitung der Flamme gebildet wurde. Wegen dieser mehr oder weniger vorhandenen höhern Gegenstände ist in dem letzten Falle eine geringe positive Ladung nicht immer zu vermeiden.

Der Einflufs dieser Ableitung zeigt sich aber auch noch auf andere Weise. Wenn ein Platindraht in eine Flamme, deren leuchtender Theil etwas über dem Schornsteine hervorragte, in die Spitze dieses leuchtenden Theiles gehalten und mit der obern Condensatorplatte in Verbindung gebracht wurde, während die untere zur Erde abgeleitet war, so erhielt die obere Condensatorplatte keine Elektricität, wenn nicht die Lampe oder die Flamme abgeleitet war;

sobald ich aber die Lampe mit meiner Hand ableitend berührte, so zeigte die obere Condensatorplatte negative Elektricität, dagegen positve, sobald ich meine Hand über die Flamme hielt. Genau ebenso verhielt sich ein in eine Glasröhre mit unten verschlossenem Ende eingeschmolzener Ptatindraht. Wenn daher Becquerel (*Traité de l'électr. II.* 35.) angeführt, dafs ein Platindraht, welcher in eine an dem untern Ende verschlossenen Glasröhre hineingeführt und in derselben mittelst einer Flamme bis zum Rothglühen erhitzt wird, einem Condensator keine Elektricität mittheile, so hat dieser Versuch nur seine Richtigkeit, so lange die Flamme und die Lampe keine Ableitung erhalten.

Wenn Becquerel um die so eben beschriebene Glasröhre aufsen am untern verschlossenen Ende noch einen zweiten Platindraht umwand, so erhielt er durch Ableitung dieses zweiten Drahtes zur Erde aus dem ersten innern Drahte positive Elektricität; eine Folge davon, dafs bei der getroffenen Einrichtung der äufsere Draht stärker erhitzt wurde als der innere. Es schien mir nicht unwichtig, die auf diese Weise durch ungleiche Temperatur erzeugte Elektricität mit der durch die Flamme selbst erzeugten zu vergleichen. Ich schmolz das eine Ende eines Platindrahtes in eine enge Glasröhre 3 — 5 Linien von dem verschlossenen Ende derselben inwendig an, um jede Verrückung zu vermeiden; an die äufserste verschlossene Spitze dieser Röhre schmolz ich dann noch das eine Ende eines zweiten genau gleichen Platindrahtes an, und brachte diese Vorrichtung in die Flamme der Lampe mit doppeltem Luftzuge, so dafs der leuchtende Theil der Flamme ungefähr die Höhe des Schornsteines hatte, und dicht unter der Glasröhre sich endigte. Beide Drähte und die Lampe waren gut isolirt. Wurde nun die Glasröhre so befestigt, dafs ihre Spitze etwas seitwärts aus der Flamme hervorragte, also der innerhalb derselben angeschmolzene Draht sich über dem leuchtenden Theil der Flamme befand und daher eine höhere Tempertur annahm als der äufsere, so

lud der innere Draht, wenn er mit einem Condensator in Verbindung gesetzt wurde, denselben nicht, so lange nicht Lampe, oder Flamme oder äufserer Draht eine Ableitung erhielten, also gerade wie vorhin; und ebenso ertheilte er dem Condensator negative oder positive Elektricität, jenachdem die Lampe oder Flamme abgeleitet wurde, während der äufsere Draht isolirt blieb. Sobald aber diese Isolation des äufsern Drahtes durch seine Verbindung mit der Erde aufgehoben wurde, erhielt der Condensator durch den innern Draht stets negative Elektricität, die Lampe und die Flamme mochten abgeleitet seyn oder nicht. Wurde der äufsere Draht mit dem Condensator verbunden, so ergaben sich genau dieselben Elektricitäten wie vorhin, so lange der innere Draht isolirt war; nur sobald dieser abgeleitet, zeigte der Condensator stets positive Elektricität, die Lampe und die Flamme mochten abgeleitet seyn oder nicht. Wurde die Glasröhre so weit verschoben, dafs ihre Spitze und damit auch der äufsere Draht sich über dem leuchtenden Theile der Flamme befand, und stark erhitzt wurde, während der Punkt, an welchem der innere Draht festgeschmolzen war, etwas von der Flamme seitwärts abstand, und folglich weniger erhitzt wurde, so erschienen die Elektricitäten, so lange nur der eine Draht mit dem Condensator verbunden, der zweite aber noch isolirt war, gerade wie vorhin. Sobald aber der zweite Draht abgeleitet wurde, zeigten die beiden Drähte die umgekehrte Elektricität als vorhin, also dem Gesetz folgend, dafs stets der stärker erhitzte Draht der negative war; auch hier änderte die Ableitung der Lampe und der Flamme nichts an der Art der Elektricität. Die Stärke der auf den beschriebenen Wegen erzeugten Elektricitäten ist natürlich sehr verschieden, und ändert sich noch mehr durch eine Aenderung in Gestalt und Gröfse der Flamme und des Ortes, wo die Glasröhre sich befindet, so dafs hierdurch diejenige der durch Ableitung der Lampe oder der Flamme entstehenden Elektricitäten, welche der durch die Verschiedenheit der beiden in das Glas geschmolzenen Platindrähte er-

erzeugten entgegengesetzt ist, schwächer, ja auch wohl auf Null reducirt wird, oder gar in die entgegengesetzte übergeht. Diese Erscheinung hat ihren Grund in der Verschiedenheit der elektrischen Spannungen, welche zwischen verschiedenen Punkten der Flammen stattfinden. Ich habe diese elektrischen Spannungen bisher noch nicht genau messen können, da es mir hierzu an einem brauchbaren Elektrometer fehlte, indem der Condensator bei diesen Versuchen viel zu ungenaue Resultate giebt. Es werden nachher auch noch Beispiele dieser verschiedenen Spannung zwischen den verschiedenen Punkten der Flamme erwähnt werden. Bei einer kleinen Wasserstoffgasflamme, die aus einer messingenen engen Oeffnung brannte, habe ich indefs mit dem Condensator eine Reihe von Versuchen durchgeführt, und will deren allgemeines Resultat hier noch kurz anschliefsen.

Das Gefäfs, worin das Wasserstoffgas entwickelt wurde, war ein Platinfeuerzeug nach älterer Construction aus zwei Glasgefäfsen bestehend; das untere cylindrisch, das obere mit einem stielförmigen Fortsatze in das untere eintretend. Die Flamme des Wasserstoffgases wurde sehr klein gemacht; sie erschien in einem mäfsig verdunkelten Zimmer ungefähr 12^{mm} hoch. Wenn über dieser Flamme, während das Messing der Oeffnung zur Erde abgeleitet war, ein Platinblech horizontal in verschiedene Entfernungen gestellt wurde, so wuchs die Elektricität, welche das Platinblech einer mit ihm verbundenen Condensatorplatte ertheilte, immer mehr und mehr, je näher das Blech der Spitze der Flamme kam. Der Condensator schien das Maximum der Ladung zu erhalten, als das Blech die Spitze der Flamme berührte, und zwar war die Ladung bis dahin stets positiv. Als aber das Platinblech noch weiter in die Flamme herabgedrückt wurde, so nahm die Elektricität wieder ab, ja bei noch tieferer Stellung, vielleicht in der Hälfte der Flamme, war sie geradezu die umgekehrte. Die messingene Ausströmungsöffnung zeigte natürlich die entgegengesetzten Elektricitäten, wenn das Platinblech über oder in der Flamme eine Ableitung zur Erde erhielt.

Die ersten elektrischen Ströme durch die Flamme erhielt ich, als ich die Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge No. 1 mit dem einen Enddrahte des oben beschriebenen Multiplicators verband, während das andere Ende desselben mit einem Platinbleche in Verbindung stand, das einige Linien oberhalb des Schornsteines in einer mit seiner Fläche ungefähr unter 45° gegen den Horizont geneigten Lage befestigt war. Die Nadeln des Multiplicators, welche eine Schwingungsdauer von 16″ besafsen, erhielten hierdurch einen Ausschlag von 1°, der seine Richtung mit der Umlegung der Verbindung mittelst des eingeschalteten Commutators änderte. Wurde der Commutator in der oben bezeichneten Weise umgelegt, um die Schwankungen der Nadeln dadurch zu vergröfsern, so erhielt ich nach sieben Umlegungen (also vier Schliefsungen nach der einen und drei nach der andern Richtung) Schwankungen der Nadeln von 15 — 16°. Auf diese Weise (durch Umlegung des Commutators) wurden auch noch die Ströme sichtbar gemacht, welche durch kleinere Flammen der Lampe, oder durch Alkohol oder Aether, welcher aus einem Platintiegel verbrannte, oder durch Einstellung einer Messingplatte anstatt der Platinplatte in die Flamme entstanden. Indefs war es doch wünschenswerth, etwas gröfsere Ausschläge zu erhalten, und diefs gelang durch Einführung des andern oben erwähnten Nadelpaares von gröfserer Schwingungsdauer; denn als in die Lampe No. 1 ein neuer doppelter Docht eingezogen wurde und die Flamme möglichst grofs aus dem Schornsteine herausschlug, so erhielt ich Ausschläge von 20°. Der Strom ging dabei in der Flamme in der Richtung von oben nach unten, also von dem über der Flamme befindlichen Bleche durch die Flamme herab zur Lampe. Mit diesem Nadelpaare sind dann auch die meisten Versuche angestellt.

Die Stärke des elektrischen Stromes ist abhängig von der Gröfse der Flamme. Als ich, wie so eben schon erwähnt, ein Platinblech von 0,23^{mm} Dicke, in ungefähr 6 bis 8^{mm} Entfernung seines untern Randes von dem obern

Rande des Schornsteins der oben erwähnten Lampe, in geneigter Stellung befestigte und die Flamme möglichst grofs machte, so dafs sie das Platinblech noch ganz mit ihrem leuchtenden Theile umspülte, so erhielt ich einen Ausschlag von 20°. Als ich darauf die Flamme bei unveränderter Stellung des Platinblechs so weit vekleinerte, dafs ihr leuchtender Theil nur wenig über den Schornstein hervorragte, so erhielt ich einen Ausschlag von nur 16°, und als ich die Flamme noch weiter verkleinerte, so dafs ihr leuchtender Theil ungefähr bis zur halben Höhe des Schornsteines reichte, so betrug der Ausschlag nur noch einige Grade. Indem eine Vergröfserung der Flamme den Ausschlag von 16° auf 20° erhöhte, brauchte jedoch diese Verstärkung des Stromes nicht durch eine Vergröfserung der elektrischen Spannung, welche sich zwischen der Lampe und den das Blech berührenden Theilen der Flamme befand, hervorgerufen zu seyn; sie konnte eben so gut durch eine Verringerung des Leitungswiderstandes bewirkt seyn. Ja es konnte bei der Vergröfserung der Flamme selbst eine Verminderung der elektrischen Spannung zwischen der Lampe und den jetzt das Blech umgebenden Flammentheilen eintreten und dennoch eine Verstärkung des Stromes erfolgen, wenn nur die Verminderung des Leitungswiderstandes hinreichend grofs war. Es wird sich später durch Versuche noch nachweisen lassen, dafs hier in der That der zuletzt erwähnte Fall stattfand.

Aber nicht blofs die Gröfse der Flamme hat Einflufs auf die Stärke des Stromes, sondern auch die Lebhaftigkeit der Verbrennung. Die Lampe No. 2 hat in ihrer Brennvorrichtung genau dieselben Dimensionen, wie die Lampe No. 1. Bei den Versuchen enthielt sie aber einen schon längere Zeit darin befindlichen einfachen Docht. Wenn ich auch ihrer Flamme dieselbe Gröfse gab als der Flamme der ersten Lampe, so blieb der durch sie erzeugte elektrische Strom doch hinsichtlich der Stärke zurück. Ja selbst die Lampe No. 1 vermochte, nachdem der Docht

längere Zeit in der Lampe gewesen war, nicht mehr einen Ausschlag von 20° zu erzeugen.

Die geneigte Lage, welche ich oben dem Platinbleche gegeben habe, ist günstiger als die horizontale, weil die letztere eine weniger lebhafte Verbrennung zuläfst. Als das Platinblech in einiger Entfernung über dem Schornsteine aus der horizontalen Lage in die geneigte gebracht wurde, so stieg der Ausschlag von 9° auf 10,1°; natürlich wurde durch den etwas freieren Luftzug auch die Lebhaftigkeit des Verbrennens gröfser und kam das Blech auch mit andern Theilen der Flamme in Berührung. Als das Platinblech in gröfserer Entfernung über dem Schornsteine horizontal aufgestellt wurde, erhielt ich einen Ausschlag von 5°; wurde das Blech dagegen in derselben Entfernung in die geneigte Lage gebracht, so stieg der Ausschlag bis auf 6,8°.

Durch künstliches Einführen von Luft in die Flamme mufs natürlich ebenfalls der Strom gesteigert werden. Die mit der Gebläsevorrichtung versehene Lampe No. 2, gab als das Platinblech horizontal nahe über dem Schornsteine lag, ohne Einwirkung des Gebläses einen Ausschlag von 1°; der aber sofort, ohne dafs der Docht oder die Stellung des Platinblechs geändert wurde, auf 10,6 stieg, als das Gebläse in Thätigkeit gesetzt wurde, und bei noch etwas weiter herausgeschraubtem Dochte, sich bis auf 116° erhöhte.

Die verschiedenen zum Brennen angewandten Alkohole und Aether gaben verschieden starke Ströme. Um möglichst vergleichbare Resultate, wenigstens in Bezug auf das Mehr und Minder, zu erhalten, schüttete ich die Flüssigkeit in den kleinen Platintiegel, und verband diesen mit dem einen Multiplicatordrahte. Der andere Multiplicatordraht wurde an ein Platinblech befestigt, welches in geneigter Lage sich über dem Platintiegel befand, so dafs sein unterer Rand 21,5^{mm}, sein oberer aber 42,1^{mm} von dem Rande des Platintiegels abstand. Der Platintiegel blieb ebenso wie das Blech während der Versuchsreihe unangerührt

stehen. Die Flüssigkeit verbrannte hier also ohne Docht. Als ich Alkohol vom spec. Gew. 0,850 in den Platintiegel goſs und anzündete, so erhielt ich 0,8° Ausschlag; dieser steigerte sich bis 1,1°, als ich Alkohol vom spec. Gewicht 0,835 anwandte, und erreichte 2,6°, als absoluter Alkohol gebrannt würde. Dieser letzte Ausschlag von 2,6° bestand aber nur, so lange der absolute Alkohol nicht ins Sieden kam; beim Sieden desselben betrug der Ausschlag 5,5°, und eben diesen Werth erreichte er auch, als Aether eingegossen, der bei seiner Verbrennung ebenfalls siedete.

Als anstatt des Platintiegels ein mit einer ungefähr gleichen Höhlung versehenes dickeres Eisenstück angewandt, und der in diese Vertiefung eingegossene Aether angezündet wurde, während das Platinblech in gleicher Entfernung wie vorhin darüber stand, so zeigte der Multiplicator nur einen halb so starken elektrischen Strom an.

Als das in die Flamme gehaltene Platinblech durch (freilich etwas dickere) Eisen- und Zinkbleche in gleicher Stellung ersetzt wurde, so war der Strom geringer; bei Anwendung des Eisenblechs ungefähr nur $\frac{4}{5}$, bei Anwendung des Zinks ungefähr nur $\frac{2}{3}$ so stark, als vorher mit dem Platinblech. Dieſs galt ebensowohl, wenn der Aether aus dem Platintiegel, als auch wenn der Aether aus der Höhlung des Eisenstücks brannte, indem im letztern Falle alle Ausschläge ungefähr in demselben Verhältnisse geringer waren.

Auch ohne ein Metall der Flamme zur Ableitung darzubieten, lieſs sich ein elektrischer Strom darstellen, indem ich die mit Wasser benetzte Hand, oder bequemer einen mit Wasser durchtränkten Papierstreifen, in die Flamme hielt, und die Benetzung öfter wiederholte. Der eine Multiplicatordraht befand sich dabei an der Lampe, während der andere mit meiner zweiten Hand oder mit meinem Munde in Verbindung war. Natürlich wurden hier die Ausschläge geringer, weil die Wirkung des Stromes während des Benetzens unterbrochen wurde.

Die Gröſse des Widerstandes, welchen die Flammen

im Verhältnifs zu dem doch gewifs nicht unbedeutenden Widerstande in dem 16454 F. langen und sehr dünnen Multiplicatordrahte darboten, erhellt aus den folgenden Versuchen. Die Lampe No. 1 für sich allein mit ihrem Platinblech über der Flamme gab einen Ausschlag von 8,3°; die Lampe No. 2 mit ihrem Platinblech von 3,8°, die Lampe No. 3 mit ihrem Platinblech einen noch viel geringeren. Als die Lampen No 1 und No. 2 hintereinander säulenartig eingeschaltet worden, betrug der Ausschlag 8,4°; als alle drei Lampen auf gleiche Weise hintereinander eingeschaltet wurden, nur 2,7°. Dagegen entstand ein Ausschlag von 10,3°, als die Lampen No. 1 und 2 nebeneinander in die Kette eingeschaltet wurden, d. h. beide Lampen an denselben Multiplicatordraht, und die beiden über der Flamme befindlichen Bleche an denselben andern Multiplicatordraht befestigt wurden; und von 11,7°, als alle drei Lampen auf gleiche Weise hintereinander eingeschaltet wurden.

Die Untersuchung dieser Ströme mittelst des Multiplicators, wie sie im Vorhergehenden angegeben ist, erhält nun aber dadurch eine gewisse Zweideutigkeit, dafs bei dem Ausschlage der Nadel niemals ohne Weiteres entschieden werden kann, ob eine Vergröfserung des Ausschlags herrührt von einer Vergröfserung der elektrischen Spannung zwischen den abgeleiteten Punkten der Flamme oder von einer Verringerung des Leitungswiderstandes. Es erfordert daher die Trennung dieser beiden Gröfsen noch anderweitige Versuche, welche gewöhnlich mit Einschaltungen bekannter Widerstände ausgeführt werden. Ich zog es indefs, um einige allgemeine Werthe für die Gröfse der elektrischen Spannung der abgeleiteten Flammentheile zu erhalten, vor, einen etwas kürzeren Weg einzuschlagen, nämlich den Strom, welchen die Flamme erzeugt, unmittelbar in demselben Kreise einem andern bekannten Strome entgegenzustellen. Ich schaltete nämlich in den Kreis, welcher bisher nur aus der Flamme, den Zuleitungsdrähten und dem Multiplicator bestand, ein Stückchen Zink und Kupfer, welche in ein kleines Gefäfs mit Wasser einge-

taucht waren, ein. Wenn man also die Stelle, an welcher die Flamme sich befand, durch einen metallischen Leiter ersetzt dächte, so würde sich in dem Kreise ein einziges Voltaisches Element aus Zink-Kupfer befinden. Ich will auch bei Einschaltung in die Flamme dieses im Wasser stehende Zink und Kupfer als ein Element bezeichnen. Durch den eingeschalteten Commutator konnte der Strom dieses Elements mit dem durch die Flamme erzeugten Strome in gleicher oder entgegengesetzter Richtung geleitet werden; der Strom der Flamme behielt bei der Umlegung des Commutators seine Richtung in dem Multiplicator unverändert bei. Die Seite, nach welcher der Flammenstrom die Nadel des Multiplicators ablenkt, will ich als die positive, die entgegengesetzte als die negative bezeichnen.

Wenn nun die Flamme der Lampe No. 1 so grofs brannte, dafs ihr leuchtender Theil noch nicht völlig die Höhe des Schornsteines erreichte, und das Platinblech sich in einer geringen Entfernung über dem Schornstein in der geneigten Lage befand, so betrug der Strom der Flamme (ohne Einschaltung des oben erwähnten Elements) noch nicht 10°; durch Hinzunehmen des Elements in dem Sinne, dafs es durch seinen Strom den Flammenstrom verstärkte, stieg der Ausschlag noch einige Grade; bei der umgekehrten Einschaltung, so dafs der Strom des Elements dem Flammenstrome entgegengesetzt gerichtet war, kehrte die Nadel auf 5° zurück. Ebenso zeigten sich die Ausschläge, als der Schornstein abgenommen und die Flamme nach Belieben vergröfsert wurde. Auch als von der Lampe No. 2 der Schornstein abgehoben und die Gebläsevorrichtung in Thätigkeit gesetzt wurde, blieben die Ausschläge der Richtung nach dieselben, so dafs also die elektromotorische Kraft in der Flamme (die elektrische Differenz zwischen ihrem Grunde und ihren höher gelegenen Theilen) gröfser ist als die elektromotorische Kraft des eingeschalteten Elements. Wurden zwei Zink-Kupferelemente in säulenartiger Anordnung dem Strome der Flamme entgegengesetzt,

so überwogen sie ihn und die Nadel schlug auf die negative Seite hinüber.

Anders gestalteten sich aber die Ausschläge, als bei Entgegensetzung eines einzigen Elementes die Schornsteine auf die Lampen gesetzt wurden. Bei der mit einem Schornsteine versehenen Lampe No. 1 vermochte also der Strom eines Elements nicht den Strom einer Flamme umzukehren, deren leuchtender Theil nicht völlig die Höhe des Schornsteines erreichte; sobald jedoch bei der Entgegensetzung des Zink-Kupferelementes der Docht allmälig immer höher und höher heraufgeschraubt und dadurch die Flamme vergrösert wurde, so ging die Nadel immer mehr auf den Nullpunkt zurück, und schlug bei noch stärkerer Vergrösserung endlich auf die negative Seite hinüber. Es überwand also jetzt der Strom des Elements den Strom der Flamme, trotzdem dafs beide gleichen Leitungswiderstand, ebenso wie vorhin (freilich nicht in beiden Fällen denselben), zu überwinden hatten. Eine Umkehrung in der Richtung des Ausschlags kann also nur in einer Aenderung der elektromotorischen Kraft des einen Stroms gesucht werden. Da Zink und Kupfer sich nicht verändert haben, so kann nur in der elektromotorischen Kraft der Flamme eine Verringerung hervorgebracht seyn. Diese Verringerung wird jedenfalls dadurch hervorgebracht, dafs die Flamme bei ihrer bedeutenden Gröfse sich an den Schornstein inwendig anlegt, und so zwischen dem in der Flamme befindlichen Bleche und den verschiedenen Punkten des Schornsteins leitende Flammenfäden enstehen, welche wegen ihrer Kürze und Stellung in der Flamme wohl eine vergrösserte Leitungsfähigkeit, aber eine verringerte Spannung (als zwischen Grund und Spitze der Flamme) an ihren Endpunkten besitzen. Dafs der Leitungswiderstand in dem bezeichneten Zustande der Flamme sehr verringert ist, ergab sich aus der bedeutenden Gröfse des negativen Ausschlags. — Eben diese Umkehrung des Ausschlags konnte bei Entgegensetzung des Elements auch bei der Lampe ohne Schornstein hervorgebracht werden, wenn mehr oder weniger ober-

halb des Dochtes von der Seite her ein Platinblech in die Flamme geschoben und mit der Lampe ableitend verbunden wurde, weil auch hier die elektrische Differenz zwischen den die beiden Bleche umgebenden Flammentheilchen eine geringere war, als zwischen Grund und Spitze der Flamme. — Als ein Platindraht, der in eine dünne Glasröhre eingeschmolzen war, mit diesem eingeschmolzenen Ende in der Entfernung weniger Linien über dem Schornsteine der Lampe No. 1 aufgestellt und mit seinem freien Ende mit dem einen Multiplicatordrahte verbunden war, während der zweite Multiplicatordraht mit einem Platinbleche zusammenhing, das wenige Linien oberhalb der Glasröhre horizontal in der Flamme angebracht war (die Lampe selbst war nicht in dem Kreise), so erhielt ich, als die Flamme möglichst grofs brannte, einen Ausschlag von 15°; die Entgegensetzung des Zink-Kupferelements trieb die Nadel mehrere Grade auf die negative Seite. Als die Flamme so weit verkleinert wurde, dafs die leuchtende Spitze oben den Rand des Schornsteins erreichte, so gab der Flammenstrom einen Ausschlag von 20°, welche Vergröfserung gewifs nicht durch eine vergröfserte Leitungsfähigkeit, sondern durch eine erhöhte Spannung erzeugt wurde. Die Entgegensetzung des Zink-Kupferelements verminderte diesen Ausschlag nur bis auf 14°.

Diese Versuche sind ein schlagender Beweis, dafs die Flamme selbst die Entstehung eines elektrischen Stromes veranlafst, denn wenn die Flamme ganz allein die Rolle eines Leiters spielen sollte, so würde durch die blofse Vermehrung der Leitungsfähigkeit, welche einem Theile des elektrischen Kreises zukommt, keine Umkehrung des Ausschlags erfolgen können.

Diese Versuche sind aber auch ferner ein Beweis, dafs zwischen verschiedenen Punkten der Flamme die Leitungsfähigkeit und die elektrische Spannung sehr ungleich ist. Es lassen sich sogar durch zwei in verschiedene Theile der Flamme eingetauchte und mit dem Multiplicator verbundene Platinbleche Ströme erhalten, welche in der Flamme nicht

wie bisher von oben nach unten, sondern gerade umgekehrt von unten nach oben gehen. Doch schweige ich jetzt von diesen Versuchen, da ich mir nur vorgesetzt hatte, die einfachsten Verhältnisse, welche die Elektricität der Flamme darbietet, zu besprechen.

Die Wasserstoffflamme verhielt sich, wenn das Platinblech oberhalb der Flamme angebracht war, bei den Versuchen mittelst des Condensators rücksichtlich der Vertheilung der Elektricität, gerade umgekehrt wie die Weingeistflamme; daher ging auch bei entsprechender Vorrichtung und Einschaltung des Multiplicators der Strom in der Richtung von unten nach oben.

Ich hoffe, dafs ein neu angefertigtes Elektrometer, welches aber erst seit einigen Tagen in meinen Händen ist, mir vielfachen Dienst auch für die Feststellung mehrerer Punkte in der Vertheilung der Elektricität in der Flamme zu leisten im Stande seyn wird. Ich will die Einrichtung desselben nur kurz andeuten, da ich eine ausführliche Beschreibung erst nach einer genauen Prüfung desselben geben werde.

Es lag mir nämlich sehr viel daran, auch für die schwächste Elektricität ein Mefsinstrument zu besitzen. Der Hauptübelstand bei dem gewöhnlichen Bohnenberger'schen Elektrometer liegt in der Ungleichheit und Unbeständigkeit der trocknen Säulen. Ich habe nun diesen Fehler durch die Anwendung einer Grove'schen Säule oder auch eines Trogapparats aus Kupfer und Zink (vielleicht genügt auch ein Paar Metalle ohne Flüssigkeit) beseitigt. Die Bewegungen und Stellungen des Goldblättchens werden durch ein zusammengesetztes Mikroskop mit Ocularmikrometer (in $\frac{1}{5}$ Millimeter getheilt) gemessen. Die beiden Platten, zwischen denen das Goldplättchen hängt, sind durch Mikrometerschrauben stellbar. Ich glaube auf diese Weise ein Instrument gewonnen zu haben, das innerhalb ziemlich weiter Gränzen (wegen der Verschiebbarkeit der Polplatten) Genauigkeit und Bequemlichkeit mit einander verbindet.

Ich verband, um wenigstens mich durch einen Versuch zu überzeugen, ob dieses Instrument ohne Hülfe des Condensators die Elektricität der Flamme anzugeben im Stande sey, die beiden Pole einer Säule von 12 Elementen Zink und Kupfer, welche in kleinen Gläsern mit Brunnenwasser standen, mit den beiden Platten, zwischen denen das Goldblättchen hängt. Die Empfindlichkeit war noch nicht so grofs, als ich sie hätte machen können. Wurde dann die Platinplatte, welche über dem Schornsteine der Lampe befestigt war, mit dem Goldblättchen verbunden, während die Lampe abgeleitet war, so erhielt ich augenblicklich einen Ausschlag von sieben Theilstrichen des Ocularmikrometers, wenn der leuchtende Theil der Flamme ungefähr die Höhe des Schornsteins hatte, dagegen von nur drei Theilstrichen, wenn die Flamme möglichst grofs war. Durch die Vergröfserung der Flamme zeigte sich also die elektrische Spannung, wie solches oben schon aus andern Versuchen geschlossen wurde, in der That verringert.

III. *Ueber den Brummkreisel und das Schwingungsgesetz der kubischen Pfeifen; von G. Sondhaufs.*

Das Verhalten von Körpern, welche, während sie in rasche als Schall wahrnehmbare Schwingungen versetzt sind, um ihre Axe mit grofser Geschwindigkeit gedreht werden, hat die Aufmerksamkeit der Physiker bis jetzt noch wenig erregt; denn abgesehen von zwei kurzen Bemerkungen über den Brummkreisel, welche wir F. Savart[1]) und C. Marx[2])

1) *Nouvelles recherches sur les vibrations de l'air*, in *Annales de Chimie et de Physique*, *tome XXIX. p.* 425.

2) Ueber das Tönen erhitzter gläserner Röhren, in dem Journal für praktische Chemie von Erdmann und Marchand Bd. XXII, p. 133. Das

verdanken, und einem von den Brüdern H. und W. Weber [1]) beschriebenen Versuche, nach welchem eine um die Axe ihres Stieles rotirende Stimmgabel nicht tönt, ist, meines Wissens, über diesen Gegenstand noch nichts bekannt gemacht worden. Ich hoffe daher, dafs die folgende Untersuchung über den Brummkreisel und über die Schwingungen der Luft in kubischen Pfeifen, welche als Fortsetzung einer von mir im Anfange des gegenwärtigen Jahres in diesen Annalen der Physik und Chemie bekannt gemachten Arbeit [2]) zu betrachten ist, von einigem Interesse seyn wird.

Das in verschiedenen Gegenden Deutschlands unter verschiedenen Namen wie: Brummkreisel, Brummkiesel, Sausturl, Mönch, bekannte Spielzeug der Knaben scheint eine deutsche Erfindung zu seyn, wie auch die Franzosen durch die Benennung desselben „*toupie d'Allemagne*" anerkennen. Der kleine Apparat, womit die Knaben vortrefflich zu experimentiren verstehen, ist gewöhnlich aus Holz gefertigt und besteht in einer mit einem Fufs oder Stiel versehenen Hohlkugel, in welche an der Seite ein Loch eingestemmt ist, durch welches die äufsere Luft mit der im Innern des Brummkreisels enthaltenen communicirt. Um den Kreisel in Rotation zu versetzen, gebraucht man einen Bindfaden und einen Schlüssel, einen hölzernen Griff, dessen dickeres Ende, der Kopf, ein weites cylindrisches Loch enthält, nach welchem von der Seite noch ein kleines, der Dicke des Fadens entsprechendes Loch gebohrt ist. Durch dieses Loch wird zunächst der Bindfaden mit dem einen Ende durchgezogen und dann auf den Fufs des Brummkreisels von unten nach oben dicht aufgewunden. Hierauf setzt

von C. Marx hier erwähnte Werk von Hauch: »*Det Physiske Cabinet, Kioebenhavn* 1836«, worin der Brummkreisel beschrieben und abgebildet seyn soll, habe ich noch nicht zu Gesicht bekommen.

1) Wellenlehre §. 274.

2) Ueber die Schallschwingungen der Luft in erhitzten Glasröhren und in gedeckten Pfeifen von ungleicher Weite. Poggendorff's Annalen Bd. LXXIX, S. 1.

man den mit Bindfaden umwundenen Fufs des Kreisels in das cylindrische Loch des Schlüssels, fast mit der einen Hand dessen Griff, mit der andern das zu dem kleinern seitlichen Loche heraushängende andere Ende des Fadens, welchen man straff anzieht, und reifst mit einem raschen Zuge den Faden in demselben Augenblicke heraus, in welchem man durch einen geschickten Ruck den Brummkreisel aus dem Schlüssel wirft. Man hat hierbei darauf zu achten, dafs die Axe des Brummkreisels senkrecht gehalten wird, damit er, sobald er den Boden berührt, auf den Fufs zu stehen kommt und auf diesem seinen Tanz vollendet. Gewöhnlich sind bei dem „Werfen" des Brummkreisels zwei Personen thätig, von denen die eine den Schlüssel hält, die andere den Faden herauszieht.

Die käuflichen Brummkreisel sind aus weichem Holze gedreht und werden, damit die Wand luftdicht wird, inwendig mit Pech ausgegossen. Sie haben in der Regel einen äufseren Durchmesser von $2\frac{1}{2}$ bis 4 Zoll und eine Wanddicke von ungefähr einem Viertelzoll. Gröfsere Brummkreisel werden blofs auf Bestellung angefertigt. Ich habe mir einen solchen von 6″ Durchmesser machen lassen, der beim Werfen seines Gewichtes wegen schon lästig wird und eben nicht besser tönt als kleinere.

Nicht blofs hölzerne sondern auch metallene Brummkreisel tönen. Ich habe mich hiervon durch Versuche überzeugt, welche ich mit mehreren kleinen aus Messingblech construirten Brummkreiseln und einem grofsen von Eisenblech angestellt habe. Auch in Beziehung auf die an der Seite des Brummkreisels befindliche Oeffnung läfst sich manches abändern. Dieselbe ist gewöhnlich quadratisch und mit scharfen Rändern versehen; man kann sie aber auch kreisförmig machen und überdiefs die Kanten von Aufsen abrunden, ohne dafs der Ton bei der Rotation ausbleibt. Ebenso kann die Gröfse dieser Oeffnung bedeutend verändert werden. Die quadratischen Oeffnungen der von den Drechslern angefertigten Brummkreisel haben meistens eine Seite von $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll.

Da die Brummkreisel bis jetzt immer nur mit Einer Seitenöffnung versehen worden sind, so schien es mir von Interesse zu seyn, darüber Versuche anzustellen, ob der Ton ausbleibe, wenn man zwei oder mehrere Löcher in die Hohlkugel bohrt. Ich fand, dafs auch in diesem Falle der Ton anspricht und dafs nicht einmal nothwendig ist, dafs die Seitenöffnungen gleiche Gröfse oder eine diametral entgegengesetzte Stellung haben.

2. Die Geschwindigkeit, mit welcher ein auf die oben beschriebene Weise mit Hülfe eines Bindfadens in Rotation versetzter Brummkreisel sich um seine Axe dreht, ist aufserordentlich grofs und, wenn der Durchmesser der Hohlkugel klein ist, auch zu der Erzeugung des Tones erforderlich. Daher sprechen Brummkreisel, welche man auf die Axe einer Schwungmaschine setzt, bei der Rotationsgeschwindigkeit, welche man ihnen durch dieselbe geben kann, nur dann an, wenn sie sehr grofs sind. Es ist von Interesse, die Drehungsgeschwindigkeit des Brummkreisels zu messen. Dieſs würde sich mittelst einer stroboskopischen Scheibe, welche mit einer hinreichenden Anzahl von Einschnitten oder Löchern versehen ist und durch einen mit einem Zählwerk versehenen Rotationsapparat mit beliebiger Geschwindigkeit gedreht werden kann, unmittelbar ausführen lassen. Da mir jedoch ein solcher Apparat nicht zu Gebote steht, so habe ich die Geschwindigkeit von zwei kleinen Brummkreiseln, deren Durchmesser $1\frac{3}{4}''$ beträgt, auf folgende Weise zu ermitteln gesucht. Nähert man dem rotirenden Brummkreisel vorsichtig den Mund und bläst nach der Stelle, wo die Oeffnung vorbeikreist, einen schwachen Luftstrom, so hört man einen lauten deutlichen Ton, welcher bei der allmäligen Abnahme der Rotationsgeschwindigkeit immer tiefer wird und sich endlich in einzelne von einander getrennte Schläge auflöst. Dieser Ton, welcher offenbar dem Tone der Sirene ganz analog ist, entsteht in Folge von den Stöfsen, welche der von dem Munde ausgehende Luftstrom in die vorbeieilende Oeffnung des Kreisels ausführt, und welche, wenn sie rasch genug auf

einander folgen, als Ton wahrgenommen werden. Hat demnach der Brummkreisel nur eine Seitenöffnung, so erfolgt bei jeder Umdrehung ein solcher Stofs, weshalb die Schwingungszahl des beobachteten Tons gleich der in einer Secunde vollendeten Anzahl von Umdrehungen ist. Sind dagegen mehrere von einander gleichweit entfernte Oeffnungen im Aequator des Brummkreisels angebracht, so hört man bei derselben Rotationsgeschwindigkeit einen um soviel Octaven höheren Ton, als Oeffnungen vorhanden sind. Man mufs daher die Schwingungszahl des wahrgenommenen Tons durch die Anzahl der Oeffnungen dividiren, wenn man die Umdrehungsgeschwindigkeit eines solchen Kreisels finden will [1]). Die beiden messingenen Brummkreisel, deren Rotationsgeschwindigkeit ich auf diese Weise bestimmt habe, waren sich in Allem gleich, nur dafs der eine nur mit einer, der andere mit vier Oeffnungen versehen war, und wurden mit demselben Bindfaden und Schlüssel in möglichst gleicher Weise in Rotation versetzt. Obwohl ich mich mit der Beobachtung beeilte, so konnte ich doch nicht die Anfangsgeschwindigkeit der Kreisel bestimmen, weil sie unmittelbar nach dem Werfen zu unruhig sind. Die höchsten Töne, welche ich bei dem, mit einer Oeffnung versehenen Kreisel beobachtet habe, waren *H*, *c* und *es*, deren Schwingungszahlen 241, 256 und 304 sind. Der Kreisel mufste also in dem Augenblicke der

1) Man kann den rotirenden Brummkreisel auch mit einem Röhrchen anblasen. Ich möchte hier gelegentlich als ein für physikalische Vorträge nützliches Instrument einen akustischen Kreisel empfehlen, welcher in einem aus Blech gefertigten geraden Cylinder besteht und im Uebrigen entweder wie der Brummkreisel oder wie Boussolt's Farbenkreisel einzurichten und in Rotation zu versetzen ist. In der Hülle des Cylinders befinden sich über einander vier Reihen von gleichmäfsig in die Peripherie vertheilten Löchern, von welchem die unterste vier, die zweite fünf, die dritte sechs und die oberste acht enthält. Bläst man einen solchen in Rotation versetzten Kreisel mit einem Röhrchen an, so erhält man nach einander die Töne einer Octave, wenn man den Luftstrom langsam über die in verschiedener Höhe sich befindenden Reihen von Löchern hinweg führt.

Beobachtung ebenso viele Umdrehungen in der Secunde gemacht haben. Bei dem Anblasen des andern Brummkreisels waren die höchsten Töne *h'*, *c''* und *d''*, deren Schwingungszahlen in derselben Aufeinanderfolge 966, 1024 und 1149 sind, also durch 4 dividirt, ein Anzahl von 241, 256 und 287 in der Secunde vollendeten Umdrehungen angeben. Da der um den Fufs des Brummkreisels gewundene Faden nur 16 oder 17 Windungen hatte und der Zug etwa eine Viertelsecunde dauerte, so würde man auf 64 bis 68 Umdrehungen in der Secunde schliefsen können, wenn der Faden mit sich gleichbleibender Geschwindigkeit ausgezogen würde. Die Bewegung der Hand ist aber hierbei eine sehr beschleunigte, wozu noch der im letzten Augenblick des Zuges mitwirkende Ruck kommt, welcher den Brummkreisel aus dem Schlüssel schleudert. Hierdurch dürfte die Entstehung der grofsen Umdrehungsgeschwindigkeit, welche mich anfänglich überraschte, hinreichend erklärt seyn.

3. Ueber den Ton, welchen der um seine Axe sich drehende Brummkreisel hören läfst, hat schon F. Savart die richtige Bemerkung gemacht, dafs er mit demjenigen übereinstimmt, welcher anspricht, wenn man mit einem kleinen Windrohre (*port-vent*) oder mit dem Munde gegen den scharfen Rand der Seitenöffnung bläst. Ich bemerke noch, um diesen Ton näher zu beschreiben, dafs derselbe, genau genommen, nicht immer dieselbe Höhe behält, sondern um etwa einen halben Ton auf- und abschwebt, so dafs der Eindruck nicht selten der ist, wie wenn zwei etwa um eine kleine Secunde verschiedene Töne zugleich wahrgenommen werden, oder in sehr kurzer Zeit mit einander abwechseln. Dieser Ton ist meistens von einem tieferen, im Anfange sausenden, dann schwach mitbrummenden Tone begleitet, welcher so wie die Rotationsgeschwindigkeit abnimmt, immer tiefer wird und wahrscheinlich von dem Erzittern und dem Schlagen des Brummkreisels gegen die Luft und die Unterlage herrührt.

Die

Die Umdrehungsgeschwindigkeit, bei welcher die Brummkreisel zu tönen anfangen, ist sehr verschieden und hängt von der Gröfse der Hohlkugel und deren Verhältnisse zu der Gröfse der Seitenöffnung ab. Im Allgemeinen ist eine um so gröfsere Rotationsgeschwindigkeit erforderlich, je kleiner die Kugel und je gröfser die Seitenöffnung ist. Viele Brummkreisel fangen schon während des Werfens an zu tönen, andere drehen sich erst einige Zeit, bevor sie bei geringerer Geschwindigkeit ihren Ton hören lassen. Dieser Ton, der überdiefs anfänglich etwas höher ist und allmälig sinkt, hört bei Abnahme der Geschwindigkeit auf, läfst sich jedoch nach einer Pause, während welcher man nur das oben erwähnte tiefe Brummen vernimmt, meistens noch einmal hören, ist bei seiner Wiederkehr aber schwächer und etwas höher. Diefs geschieht bei einer verhältnifsmäfsig schon geringen Geschwindigkeit, wobei die Kreisel oft schon zu wanken anfangen.

Die Höhe des Tons hängt von dem Volumen der Hohlkugel, von der Gröfse der Seitenöffnung und bei hölzernen Brummkreiseln noch von der Dicke der Wandung ab. Der Ton ist um so tiefer, je gröfser das Volumen der Hohlkugel, je kleiner die Seitenöffnung und je dicker die Wand ist. Sind mehrere Seitenöffnungen in dem Brummkreisel vorhanden, so nimmt die Tonhöhe mit der Anzahl der Oeffnungen zu. Ich stelle die von mir über die Höhe des Tons mit verschiedenen Brummkreiseln angestellten Versuche in einer Tabelle zusammen, aus welcher die Richtigkeit der eben aufgestellten allgemeinen Sätze leicht ersehen werden kann.

In der ersten Columne dieser Tabelle sind durch die den Nummern angehängten Buchstaben *a*, *b*, *c* etc. Versuche unterschieden, welche mit demselben Brummkreisel nach Veränderung der Seitenöffnung angestellt worden sind. In der zweiten Columne ist das Material des Brummkreisels, in der dritten der äufsere Durchmesser seiner Kugel angegeben. Das in der vierten in Cubikcentimetern angegebene Volumen der Hohlkugel habe ich, weil die Brumm-

kreisel alle von der Kugelgestalt abweichen, nicht berechnet, sondern mit Wasser unter Benutzung einer graduirten Röhre ausgemessen. In Beziehung auf die in der achten Spalte angegebenen Dicke der hölzernen Wandung mufs ich bemerken, dafs dieselbe so ungleich war, dafs sie an verschiedenen Stellen der Seitenöffnung um ein Paar Millimeter differirte, weshalb die Angabe der mittleren Dicke nur als Schätzung zu betrachten ist. Bei den aus Blech construirten Brummkreiseln konnte die Dicke der Wand vernachlässigt werden. In den mit einem solchen Brummkreisel angestellten Versuchen 4*b* und 4*c* habe ich die angegebene Dicke der Wand dadurch hergestellt, dafs ich vor die Seitenöffnung von aufsen eine durchbohrte Korkscheibe aufkittete. Dieser Brummkreisel rotirte zwar wegen des von der Luft auf den Korkring ausgeübten Widerstandes weniger gut, doch sprach der Ton noch an. Ist die angesetzte Korkplatte zu dick, so tönt der Brummkreisel nicht mehr.

Die Versuche 6*a* und 6*b* habe ich angestellt, um zu sehen, welchen Einfluſs eine bedeutende Abweichung des Brummkreisels von der Kugelgestalt auf das Tönen und auf die Höhe des Tons ausübt. Es besteht der hohle Körper dieses aus Eisenblech construirten Brummkreisels aus zwei stumpfen geraden Kegeln und einem zwischen dieselben gelötheten niedrigen geraden Cylinder, in dessen Hülle die Seitenöffnungen angebracht sind. Der Durchmesser dieses cylindrischen Ringes beträgt 169 Mllm., seine Höhe 24 Mllm., die Seitenlinie der Kegel 95 Mllm.; der ganze, die Hohlkugel des Brummkreisels, ersetzende Körper mifst in der Drehungsaxe ungefähr 109 Mllm., so dafs derselbe also bedeutend von der Kugelgestalt abweicht. Dieser Apparat tönte bei einer verhältnifsmäfsig geringen Rotationsgeschwindigkeit und verhielt sich in Allem ebenso, wie ein kugelförmiger Brummkreisel.

Die Bestimmung der Höhe des bei der Rotation des Brummkreisels ansprechenden Tons unterliegt wegen seiner oben bemerkten Veränderlichkeit einiger Unsicherheit. Ich

habe in der neunten Columne immer den Ton notirt, der mir am meisten hervor zu treten schien, und in der zehnten dessen Schwingungszahl nach der gleichschwebenden Temperatur hinzugefügt.

Tabelle I.

Brummkreisel No.	Material.	Durchmesser der Kugel in Millm.	Volumen in Kubikcentimen.	Anzahl der Seitenöffnungen.	Gestalt der Seitenöffnungen.	Seite oder Durchmesser der Oeffnung.	Dicke der Wand.	Der beobachtete Ton [1]).	Schwingungszahl.
1	Holz	65	76	1	Quadrat	15	7	e″	1290
2*a*	Holz	93	285	1	Quadrat	17	8	fis′	724
2*b*	»	»	»	1	Kreis	23	» »	gis′	813
2*c*	»	»	»	1	»	15,5	» »	e′	645
2*d*	»	»	»	1	»	12,5	» »	cis′	542
2*e*	»	»	»	1	»	10	» »	h	483
3	Holz	161	1438	1	Kreis	22	13	e	322
4*a*	Messingblech	45	47	1	Kreis	7,3	—	es″	1218
4*b*	»	»	»	1	»	»	3	cis″	1085
4*c*	»	»	»	1	»	»	6	h′	966
5	Messingblech	46	50	1	Quadrat	10,5	—	gis″	1625
6*a*	Eisenblech	169	1252	1	Kreis	17,5	—	gis	406
6*b*	»	»	»	2	»	»	—	d′	575
7*a*	Messingblech	45	47	1	Kreis	4,6	—	b′	912
7*b*	»	»	»	2	»	» »	—	e″	1290
7*c*	»	»	»	3	»	» »	—	as″	1625
7*d*	»	»	»	4	»	» »	—	b″	1824

1) Da die gewöhnliche Bezeichnung der Octaven, durch Striche über den Buchstaben, den Druck sehr verunstaltet und unnöthigen Raum erfordert, so wurden hier diese Striche durch Accente ersetzt. (P.)

4. Ueber die Entstehung des Tons haben C. Marx und F. Savart eine verschiedene Ansicht. Der erstere führt den Brummkreisel in seiner oben erwähnten Abhandlung: „über das Tönen erhitzter gläserner Röhren“ an, um seine über das Tönen dieser Röhren gegebene Erklärung zu verdeutlichen. Er sagt (a. a. O. S. 133): „Der Vorgang ist der Hauptsache nach ganz derselbe als in dem Brummkreisel oder Brummtopf, einem bekannten Spielzeug der Kinder. Die durch den Umschwung in eine gröfsere Centrifugalgeschwindigkeit versetzte und aus der Oeffnung hervordringende Luft stöfst auf die äufsere ruhende, wird von dieser zurückgetrieben und treibt diese zurück; so entsteht wiederum eine Folge von Oscillationen, welche der Luft in der höheren Kugel sich mittheilt und sie zum Tönen bringt. Dieses kleine Instrument ist daher ganz geeignet, die hier betrachtete Art der Tonerzeugung zu verdeutlichen.“ F. Savart bespricht den Brummkreisel in der oben citirten Abhandlung „*Nouvelles Recherches sur les Vibrations de l'air*“ bei Betrachtung der kubischen Pfeifen. Er erklärt die Erscheinung sehr einfach auf folgende Weise. „Es ist leicht, sich von diesem Phänomen Rechenschaft zu geben, indem man bemerkt, dafs die Hohlkugel, wenn man mit einem kleinen Windrohre oder auch mit dem Munde gegen den scharfen Rand ihrer Seitenöffnung bläst, denselben Ton angiebt, welchen sie bei der Rotation um ihre Axe hören läfst. Im ersten Falle wird ein Luftstrom gegen den Rand der Seitenöffnung getrieben, im andern stöfst der scharfe Rand der Seitenöffnung gegen die äufsere Luft, was auf dasselbe hinausläuft, und obgleich das in der Hohlkugel enthaltene Fluidum durch die Rotationsbewegung mit fortgerissen wird, so vibrirt es doch ebenso, wie wenn diese Bewegung nicht existirte. Man könnte daher nach dem für Pfeifen von ähnlicher Gestalt gültigen Gesetze, dafs die Schwingungszahlen den linearen Dimensionen umgekehrt proportionirt sind, den Ton dieser Instrumente *a priori* bestimmen, wenn ihre Höhlung genau sphärisch wäre.“

Die von Savart hervorgehobene Uebereinstimmung des

Tones, welchen das Instrument bei dem Anblasen und während des Rotirens giebt, kann zunächst nur dafür Beweis seyn, dafs die Luft in beiden Fällen auf dieselbe Weise schwingt, und es mufs in der That derselbe Luftkörper, sobald er entweder ohne Knotenflächen zu bilden, oder auf dieselbe Weise in Theile getheilt vibrirt, immer denselben Ton erzeugen, auf welche Weise er auch in Vibration versetzt wird. Deshalb geben Glasröhren, welche durch Erhitzung einer angeblasenen Kugel tönen, denselben Ton, welchen man durch Anblasen ihrer Mündung erhält, ebenso wie die in Röhren oder Flaschen durch das Wasserstoffgasflämmchen der chemischen Harmonika in Schwingung versetzten Luftsäulen denselben Ton erzeugen, welchen sie durch Anblasen hören lassen [1]). Daher würde man trotz des von Savart angeführten Grundes die Centrifugalkraft immer noch als die Ursache des Tons ansehen und zwischen den beiden vorstehenden Erklärungen schwanken können, wenn sich nicht auf andere Weise eine Entscheinung herbeiführen liefse.

Ich habe zu diesem Behufe ein Paar Versuche angestellt. Ich befestigte auf die Axe einer Centrifugalmaschine ein hölzernes Brettchen, dessen beide Enden mit Löchern versehen waren, in welche der Fufs der kleinen messingnen Brummkreisel pafste. In jedes Loch wurde ein Brummkreisel eingesetzt und mit einer Klemmschraube befestigt, so dafs ich der Seitenöffnung jede beliebige Stellung geben konnte. Die Brummkreisel, von welchen der eine dazu dienen sollte, um dem andern das Gleichgewicht zu halten, beschrieben, wenn die Centrifugalmaschine in Bewegung gesetzt wurde, einen Kreis, dessen Radius ungefähr 135 Mllm. betrug, und tönten bei einer gewissen Drehungsgeschwindigkeit, mochte die Seitenöffnung nach aufsen oder nach innen, d. h. nach der Axe der Schwungmaschine gerichtet seyn. In dem letzteren Falle konnte die nach aufsen wirkende Centrifugalkraft die in der Höhlung des Brummkreisels enthaltene Luft nicht, wie C. Marx

1) Chladni's Akustik §. 78.

angiebt, aus der nach innen gekehrten Oeffnung treiben, und Stöfse auf die äufsere Luft veranlassen, dagegen bewegte sich in beiden Fällen der Brummkreisel ziemlich in derselben Weise mit der Seitenöffnung gegen die ruhende Luft und blieſs sich dadurch auch in beiden Fällen so an, daſs sich in nichts eine merkliche Verschiedenheit herausstellte [2]). Der Ton war hierbei im Allgemeinen derselbe, welcher beim Anblasen mit dem Munde oder beim Rotiren anspricht; er war zuerst bei mäfsiger Drehungsgeschwindigkeit schwach und etwas höher, verstummte dann bei etwas vermehrter Geschwindigkeit, trat dann bei einer noch gröfseren wieder ein und zwar tiefer und stärker als vorher und zog allmälig in die Höhe, wenn ich die Bewegung der Maschine noch mehr beschleunigte. Genau dasselbe Verhalten des Tons bemerkt man, wenn man durch ein flaches Blechrohr, aus welchem man einen breiten aber dünnen, ich möchte sagen bandförmigen Luftstrom treiben kann, quer über die Oeffnung des Brummkreisels bläst. Bei ganz schwachem Blasen erhält man nämlich auch den vorhin erwähnten schwachen und etwas höheren Ton, bei einem etwas verstärkten Luftdrucke spricht der Apparat ebenfalls nicht an, während bei noch stärkerem der Ton wieder kräftig und etwas tiefer hervortritt und durch stärkeres Blasen höher getrieben werden kann. Auch bei dem um seine Axe rotirenden Brummkreisel findet, wie oben §. 3 angegeben wurde, dieselbe Veränderung in dem hierbei ansprechenden Tone statt, natürlich aber in umgekehrter Ordnung. Durch diese Analogie zwischen dem durch das Anblasen und durch die Rotation des Brummkreisels erhaltenen Tone ist demnach das zweimalige durch eine Pause unterbrochene Tönen des Kreisels erklärt, und über-

1) Man kann dieses Experiment auch aus freier Hand machen, wenn man den Brummkreisel mit ausgestrecktem Arme hält und sich rasch um die eigene Axe dreht. Dreht man den Brummkreisel so, daſs die Seitenöffnung in die Richtung der Tangente zu stehen kommt, so spricht der Ton nicht an, mag man sich oder die Schwungmaschine rechts oder links drehen.

dieſs ein neues Argument gegen die Annahme gefunden, daſs die Centrifugalkraft den Ton erzeuge; denn es ist nicht einzusehen, wie die mit der Rotationsgeschwindigkeit abnehmende Centrifugalkraft, welche nicht im Stande war, den schon schwingenden Luftkörper des Brummkreisels bei abnehmender Geschwindigkeit in Vibration zu erhalten, zuletzt noch einmal das Ansprechen des Tons veranlassen sollte.

Wenn man nach dem Vorangehenden die von F. Savart gegebene Erklärung für die richtige halten muſs, so bietet sich doch eine Bemerkung dar, welche mit der Angabe des französischen Physikers nicht übereinstimmt. Derselbe hebt nämlich die scharfen Ränder (*bords trachans*) der Seitenöffnung hervor und scheint sie als für die Erzeugung des Tons wesentlich zu betrachten. Dieſs sind sie jedoch nicht, denn zwei hölzerne Brummkreisel, deren Seitenöffnung ich von aufsen mit einer Feile abgerundet hatte, sprachen nichts desto weniger bei ihrer Rotation an. Hierin liegt jedoch keine Veranlassung, Savart's Erklärung aufzugeben, da beide Brummkreisel auch nach der Abrundung der Seitenöffnung noch gut ansprachen, wenn ich sie von aufsen anblies.

Noch ein anderer Umstand scheint gegen die Savart'sche Ansicht zu sprechen. Bohrt man nämlich in die Hohlkugel des Brummkreisels oben in die Drehungsaxe ein Loch, so spricht der Ton bei der Rotation nur dann noch gut an, wenn dieses Loch im Vergleiche zu der Seitenöffnung sehr klein ist. Schon wenn die in der Rotationsaxe gelegene Oeffnung, bei ihrer allmäligen Vergröſserung, dem Flächeninhalte nach den zehnten Theil von der Seitenöffnung erreicht hat, so spricht der Ton nur kurze Zeit sehr schwach an und zwar nur bei geringer Drehungsgeschwindigkeit; macht man jene Oeffnung noch gröſser, so tönt der Brummkreisel während des Rotirens nicht, spricht dagegen noch gut und leicht an, wenn man seine Oeffnung anbläſst. Es findet hier also eine Verschiedenheit in dem Verhalten des Brummkreisels beim Rotiren und Anblasen statt, wo-

durch man vielleicht veranlafst werden könnte, der von C. Marx aufgestellten Ansicht den Vorzug zu geben, wenn sich das Nichtansprechen der in der Axe angebohrten Brummkreisel bei der Rotation nicht auf eine sehr einfache Weise erklären liefse. Die in der Hohlkugel enthaltene Luft nimmt nämlich, in Folge der an den innern Wänden stattfindenden Reibung, an der Rotation des Brummkreisels Theil, woran um so weniger zu zweifeln ist, da auch die äufsere Luft der Rotation folgt und bis auf die Entfernung von einigen Zollen an der Kreisbewegung Theil nimmt [1]). Die mitrotirende Luft tritt daher in Folge der Centrifugalkraft zum Theil aus der Seitenöffnung des rotirenden Brummkreisels, so dafs in dessen Innern ein etwas luftverdünnter Raum entsteht, wenn nicht durch eine in der Drehungsaxe angebrachte Oeffnung fortwährend Luft von aufsen zuströmen kann. Hat nun diese Oeffnung die ausreichende Gröfse, so dringt aus der Seitenöffnung des Kreisels ununterbrochen ein Luftstrom, welcher in der Richtung der Tangente auf die äufsere Luft stöfst und diese nicht blofs in raschere Rotation versetzt, sondern auch das Anblasen der bewegten Seitenöffnung verhindert. Ist dagegen die Axenöffnung verhältnifsmäfsig klein, so ist der aus der Seitenöffnung hervortretende Luftstrom zu schwach, um den Gegendruck der äufsern langsamer kreisenden Luft zu überwinden und der Brummkreisel tönt noch, wenn auch weniger gut und anhaltend. Der oben erwähnte Umstand, dafs solche Brummkreisel, in Folge der Vergröfserung der Axenöffnung nur sehr schwach tönen, gerade bei geringerer Rotationsgeschwindigkeit ihren Ton noch hören lassen, ist ein Beleg für die aufgestellte Ansicht, da die Centrifugalkraft mit dem Quadrat der Drehungsgeschwindigkeit

1) Dieses Mit-Rotiren der den Brummkreisel umgebenden Luft, von welchem ich mich durch Versuche überzeugt habe, bewirkt, dafs der Brummkreisel bei einer gröfsern Drehungsgeschwindigkeit tönt, als mir nach den oben beschriebenen mit der Centrifugalmaschine angestellten Versuchen und im Vergleich zu dem beim Anblasen mit dem Munde erforderlichen Luftdrucke nothwendig schien.

wächst und deshalb der aus der Seitenöffnung des Brummkreisels hervortretende Luftstrom über den Widerstand der äufsern Luft bei gröfserer Rotationsgeschwindigkeit um so eher das Uebergewicht erlangen mufs [1]).

Ich glaube mir hier noch eine Bemerkung über die Beziehung erlauben zu müssen, in welche C. Marx den Brummkreisel zu den gläsernen Röhren setzt, welche durch Erhitzung einer daran geblasenen Kugel von zweckmäfsiger Gröfse einen Ton hören lassen. Abgesehen davon, dafs nach dem Vorangehenden die Centrifugalkraft keineswegs bei dem Brummkreisel dieselbe Rolle spielt, wie die Wärme bei jenen gläsernen Apparaten, haben sich mir bei genauer Betrachtung der verglichenen Erscheinungen noch Abweichungen in demselben dargeboten, welche es unmöglich machen, zwischen denselben eine weitere Analogie anzunehmen. Jene gläsernen Apparate sprechen nämlich durch Erhitzung ihrer Kugel nur dann gut und leicht an, wenn die Röhre noch eine verhältnifsmäfsige Länge hat; dagegen ist es mir nie gelungen, eine von der Röhre getrennte Glaskugel durch Erhitzen zum Tönen zu bringen. Dagegen tönen aus dünnem Blech construirte Brumkreisel ganz vortrefflich, während sie weniger gut oder gar nicht ansprechen, wenn man von aufsen einen durchbohrten Kork von etwa $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll Länge ankittet, um einen Apparat zu erhalten, der mit jenen Glasröhren gröfsere Aehnlichkeit hat. Ferner sprechen diese Glasröhren nicht mehr an, sobald

2) Man kann übrigens auch einen mit ziemlich grofser Axenöffnung versehenen Brummkreisel zum Tönen bringen, wenn man ihn während des Rotirens an dieser Oeffnung anbläst. Am bequemsten ist es, hierzu den in die Axenöffnung beständig eindringenden Luftstrom selbst zu benutzen. Ich habe diefs an einem mit vier Seitenöffnungen versehenen Brummkreisel auf folgende Weise ausgeführt. Auf dem Scheitel des Brummkreisels wurde ein Korkring gekittet, dessen Lumen etwas gröfser war als das der Axenöffnung. Die obere Seite des Korkrings, wurde durch eine mit einer Oeffnung versehene Blechplatte geschlossen, wodurch ein sogenannter Jägerruf auf dem Kreisel entstand. Dieser tönte sehr gut und gab denselben Ton, welcher beim Anblasen einer Seitenöffnung erhalten wurde.

auch nur die kleinste Oeffnung in ihrer Kugel vorhanden ist; die Brummkreisel tönen jedoch bei ihrer Rotation, wie oben bemerkt worden ist, noch sehr gut, wenn auch zwei oder mehrere Oeffnungen in ihre Hohlkugel gebohrt sind. Es dürfte demnach das Tönen des Brummkreisels nicht geeignet seyn, die Tonerzeugung in den erhitzten Glasröhren zu verdeutlichen.

5. Da der Ton des rotirenden Brummkreisels, abgesehen von den erwähnten, innerhalb ziemlich enger Gränzen liegenden, Veränderungen desselben mit dem Tone einer Pfeife von ähnlicher Gestalt übereinstimmt, so folgt, wie schon oben bemerkt wurde, dafs der eingeschlossene Luftkörper in beiden Fällen auf dieselbe Weise oscillirt und, dafs demgemäfs die Schwingungszahl des Tons, den der rotirende Brummkreisel hören läfst, sich ebenso aus seinen Dimensionen bestimmen lassen mufs, wie bei einer Pfeife. Mit der Untersuchung solcher Pfeifen, die man, weil die Längendimension nicht überwiegt, im Gegensatze zu den cylindrischen, prismatischen und konischen gewöhnlich im Allgemeinen als *kubische Pfeifen* bezeichnet, haben sich schon F. Savart[1]) und C. F. S. Liskovius[2]) beschäftigt. Der letztere hat eine Anzahl interessanter Versuche angestellt, ist jedoch zu keinem Resultate gelangt, welches ich für meinen Zweck benutzen könnte. Dagegen hat er eine Anzahl nützlicher Bemerkungen gemacht und unter anderem gefunden, dafs der durch das Anblasen einer Flasche erzeugte Ton um so tiefer ist, je gröfser ihr Volumen und je länger und enger ihr Hals ist. Wichtiger ist die Arbeit von Savart, obwohl er nur vereinzelte Resultate gefunden hat. Er selbst stellt dieselben auf folgende Weise zusammen: „Fafst man alles Vorangehende zusam-

1) In der oben citirten Abhandlung: *Nouvelles Recherches sur les Vibrations de l'air* in *Annales de Chimie et de Physique tome XXIX, p.* 404 und *l'Institut* 1*ère Section tome VII, p,* 239.

2) Ueber den Einfluſs der Flaschenform auf die Tonhöhe der darin tönenden Luft, mit Beziehung auf die Menschenstimme. Poggendorff's Annalen. Bd. LVIII, S. 100 und in den Nachträgen zu diesem Aufsatze in Poggendorff's Annalen Bd. LX, S. 482 und 484.

men, so sieht man erstens: dafs im Falle einer partiellen Erschütterung einer Luftmasse der Erfolg des Phänomens von der Gröfse und der Stellung des Abschnittes und von dem Volumen und der Gestalt des Fluidums abhängig ist, ohne dafs die ursprüngliche Richtung des erregenden Luftstroms einen merklichen Einflufs ausübt; zweitens sieht man, dafs die Gesetze, wonach die Schwingungszahl einerseits bei Pfeifen von ähnlicher Gestalt im umgekehrten Verhältnisse zu den linearen Dimensionen derselben stehen, und zwar bei sehr engen Pfeifen oder bei ohne Verengung der Mündung angeblasnen Röhren (*ébranlés à plein orifice*) zu der Länge allein, — andererseits bei Luftmassen, welche in dünne, auf gleiche Weise erschütterte Scheiben zerlegt gedacht werden können, sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus den vibrirenden Flächen verhalten, nur Theile eines allgemeineren Ausdruckes sind, welcher es möglich machen würde, die Anzahl der Schwingungen einer auf bestimmte Weise zum Ansprechen gebrachten Luftmasse von beliebigen Dimensionen *a priori* zu bestimmen. Drittens ergiebt sich, dafs man den Aufschnitt sich als den Ausgangsort einer unendlichen Menge von Luftwellen denken kann, welche sich in der Pfeife anfänglich wie in freier Luft verbreiten, dann aber durch die innern Wände aufserordentlich oft zurückgeworfen werden und bei ihrem continuirlichen Zusammentreffen in bestimmten Punkten (*dans certains points de leurs phases*) Knotenflächen und Schwingungen in Theilen (*parties vibrantes*) erzeugen, deren Gestalt (*configuration*) mit der Form und den Dimensionen der Pfeifen sich ändern mufs und bei einer und derselben Pfeife auch von der Gröfse und dem Orte des Aufschnitts abhängt. Man mufs jedoch bemerken, dafs nicht alle Töne, welche durch die Aenderung des Aufschnittes erhalten werden (*que l'embouchure pourra donner*), gleich stark sind, und dafs, wenn die Intensivität des Tons beträchtlich seyn soll, die Länge der erzeugten Wellen in einem gewissen Verhältnisse zu den Dimensionen der Pfeife stehen mufs. Diese Bedingung scheint unerläfsig, damit eine regelmäfsige

Vertheilung in schwingende Theile erfolge (*pourqu'il s'établisse une disposition régulière à parties vibrantes*)."

Obgleich die Angaben des berühmten Akustikers nicht ausreichend sind, um die Schwingungszahl einer beliebigen kubischen Pfeife oder eines Brummkreisels zu bestimmen, habe ich doch dessen Worte ausführlich angeführt, weil sie im Wesentlichen das enthalten, was wir bis jetzt über diesen Gegenstand wissen.

In Beziehung auf Pfeifen mit flaschenförmiger Gestalt habe ich selbst eine Anzahl von Versuchen angestellt und in der schon erwähnten Abhandlung bekannt gemacht. Die Schwingungszahl des durch das Anblasen einer solchen Pfeife erhaltenen Tons steht nach dem von mir gefundenen Gesetze im umgekehrten Verhältnisse zu den Quadratwurzeln aus dem Volumen der bauchförmigen Erweiterung der Flasche und der Länge ihres Halses und im geraden Verhältnisse zu der Quadratwurzel aus dem Querschnitte des Halses. Nach der dieses Gesetz ausgedrückten Formel

$$n = C\sqrt{\frac{S}{VL}}$$

in welcher n die Schwingungszahl des Tones, V das Volumen der Flasche unterhalb des Halses, L die Länge und S den Querschnitt des Halses bezeichnet, kann man mit Hülfe des von mir gefundenen Werthes der Constanten $C = 93110$ die Schwingungszahl einer flaschenförmigen Pfeife *a priori* bestimmen. Die Vergleichung der durch Rechnung gefundenen Resultate mit denen der Beobachtung zeigte mir zugleich, dafs das angegebene Gesetz nur für solche flaschenförmige Pfeifen volle Gültigkeit hat, deren Hals von dem untern Theile der Flasche deutlich absetzt, überall gleich weit und nicht zu kurz ist. Bei Flaschen mit sehr kurzen Hälsen ergeben sich zwischen der Rechnung und Beobachtung sehr bedeutende Differenzen und zwar ist der Ton, welcher der nach der Formel berechneten Schwingungszahl entspricht, immer höher als derjenige, welcher durch Anblasen der Pfeife erhalten wird. Defshalb kann man die oben für flaschenförmige Pfeifen angegebene

Formel auch nicht zur Berechnung der Schwingungszahl des Tones, welchen der Brummkreisel beim Anblasen oder Rotiren hören läfst, benutzen, da bei den aus Metallblech construirten Brummkreiseln der Hals ganz fehlt, bei den hölzernen der durch die in der Holzwandung angebrachte Seitenöffnung vorgestellte Hals zu kurz ist.

6. Da sich durch die bis jetzt über diesen Gegenstand angestellten Untersuchungen kein Resultat ergeben hatte, welches zur Bestimmung der Schwingungszahl des Brummkreisels führen könnte, so entschlofs ich mich, Versuche anzustellen, durch welche ich das Schwingungsgesetz der Luft in kubischen Pfeifen, und somit auch in Brummkreiseln zu finden und dadurch die Mittel zu erlangen hoffte, die Schwingungszahl ihres Tones aus ihren Dimensionen zu berechnen. Ich hielt es für das Angemessenste, den Hals der flaschenförmigen Pfeife oder die Wanddicke des hölzernen Brummkreisels ganz aufser Betracht zu lassen und hatte daher die Untersuchung nur auf die Abhängigkeit der Schwingungszahl des Tons von dem Volumen und der Gestalt des in der Pfeife enthaltenen Luftkörpers und von der Gröfse, Gestalt und Stellung der Aufschnittsöffnung zu richten.

Ich habe mich zu dieser Untersuchung eines sehr einfachen Apparats bedient. Auf eine kleine cylindrische Glaskrause, ungefähr 80 Mllm. hoch und gegen 60 Mllm. weit, kitte ich Blechplatten, in welche Oeffnungen von verschiedener Gröfse und Gestalt eingeschnitten waren. Um diese Oeffnung bequem einschneiden und verändern zu können, wendete ich hierzu Zinnblech an, wie es die Orgelbauer zur Construction der zinnernen Orgelpfeifen gebrauchen. Wenn die Versuche mit der einen Blechplatte beendigt waren, so wurde dieselbe von der Krause abgenommen und durch eine andere ersetzt. Die auf diese Weise construirte kubische Pfeife wurde durch eine breitgedrückte Blechröhre, in welche ich mit dem Munde blies, in der Weise angeblasen, dafs der Rand des Windrohrs an den Rand der in die Blechplatte eingeschnittenen Oeffnung angesetzt und der Luftstrom quer über dieselbe getrieben

wurde. Nur in den Fällen, wo der Ton des Apparats bei dieser Haltung des Windrohrs nicht mehr deutlich ansprach, wurde dem Luftstrom eine andere Richtung gegeben.

Um das Volumen dieser Pfeife zu ändern, goſs ich bestimmte Quantitäten Wasser, welche mit einer graduirten Glasröhre gemessen wurden, successive durch die Oeffnung der Blechplatte in die Krause und bestimmte jedesmal den beim Anblasen ansprechenden Ton. Nachdem die Versuchsreihe mit der einen Aufschnittsöffnung beendigt war, wurde, nach Veränderung dieser Oeffnung, dasselbe Verfahren in der Weise wiederholt, daſs dieselben Wassermengen wie vorhin allmälig eingegossen wurden. Erst nachdem alle Versuche beendigt waren, stellte ich dieselben zusammen, um daraus die gewünschten Resultate abzuleiten.

Ich glaube hier bemerken zu müssen, daſs sich schon Liskovius eines ähnlichen Verfahrens bedient hat, indem er die Flasche, mit welcher er seine Versuche anstellte, durch Eingieſsen von Wasser allmälig höher stimmte, wobei er fand, daſs die zum Theil mit Wasser gefüllte Flasche denselben Ton angiebt, mag sie beim Anblasen aufrecht stehen oder auf der Seite liegen. Diese Bemerkung, welcher Liskovius nicht die gehörige Wichtigkeit beigelegt zu haben scheint, habe ich bei meinen Versuchen vollkommen bestätigt gefunden, denn auch die Glaskrause, mit welcher ich experimentirte, gab, zum Theil mit Wasser gefüllt, in jeder beliebigen Neigung gehalten, immer einen und denselben Ton an, wenn sie auf gleiche Weise angeblasen wurde. Ich schloſs daraus, daſs bei kubischen Pfeifen, unter übrigens gleichen Umständen, die Tonhöhe von dem Volumen des Luftkörpers überwiegend abhängt, und eine schon bedeutende Gestaltsveränderung desselben keinen merklichen Einfluſs ausübt. Ich konnte daher bei den Versuchen von der Gestaltsveränderung absehen, welche der in der Krause enthaltene cylindrische Luftkörper bei dem Eingieſsen von Wasser dadurch erlitt, daſs seine Höhe immer kleiner wurde, während die Grundfläche dieselbe blieb.

Die Bestimmung der Höhe des in den einzelnen Versuchen ansprechenden Tons unterliegt einer gewissen Unsicherheit, weil eine kubische Pfeife, wie schon Savart bemerkt hat, sehr verschiedene einander nahe liegende Töne angiebt, je nachdem sie stärker oder schwächer angeblasen wird. Ich habe diese Unsicherheit dadurch möglichst zu beseitigen gesucht, dafs ich meinen Apparat immer in möglichst gleicher Weise anblies und die Töne notirte, welche mir hierbei am besten anzusprechen schienen.

Die mit jener Glaskrause auf die beschriebene Weise ausgeführten 12 Versuchsreihen sind in der folgenden Tabelle, welche ich des Raumes wegen in zwei Abtheilungen II*a* und II*b* getrennt habe, aufgeführt. Dieselbe ist auf folgende Weise eingerichtet. Das Volumen der ganzen Krause oder des nach dem Eingiefsen von Wasser noch mit Luft angefüllten Theils derselben ist in der ersten Verticalspalte in Kubikcentimetern angegeben. Die in den einzelnen Versuchsreihen beobachteten Töne und ihre Schwingungszahl finden sich in gleicher Höhe mit den ihnen entsprechenden Luftvolumen in den übrigen Columnen. Die Tabelle II*a* enthält die Versuchsreihen, bei welchen die in der Deckelplatte der Krause eingeschnittene Oeffnung quadratisch (No. 1 und 2) oder rectangulär war. In den übrigen in Tabelle II*b* enthaltenen Versuchsreihen war diese Oeffnung kreisförmig. Ueber den Columnen der einzelnen Versuchsreihen habe ich die Seite der quadratischen (*a*) oder die Seiten der rectangulären (*a* und *b*) oder der Durchmesser der kreisförmigen Oeffnung (*d*) in Millimetern angegeben.

Tabelle II *a*.

Volumen Kubikcentimeter.	No. 1. $a = 8{,}5^{mm}$.		No. 2. $a = 21^{mm}$.		No. 3. $a = 13$, $b = 8{,}6^{mm}$.		No. 4. $a = 18$, $b = 8{,}6^{mm}$.		No. 5. $a = 24$, $b = 8{,}6^{mm}$.		No. 6. $a = 24$, $b = 16^{mm}$.	
	Ton.	Schwingungszahl.	Ton.	Schwingungszahl.	Ton.	Schwingungszahl	Ton.	Schwingungszahl.	Ton.	Schwingungszahl.	Ton.	Schwingungszahl.
176	fis′	724,1	es″	1217,8	gis′	812,7	h′	912,3	h′	966,5	cis″	1084,9
155	g′	767,1	e″	1290,2	h′	912,3	h′	966,5	c″	1024,0	d″	1149,4
134	a′	861,1	g″	1534,3	c″	1024,0	c″	1024,0	d″	1149,4	e″	1290,2
113	h′	912,3	gis″	1625,5	cis″	1084,9	cis″	1084,9	es″	1217,8	fis″	1448,2
92	h′	966,5	h″	1824,6	d″	1149,4	es″	1217,8	e″	1290,2	g″	1534,3
71	cis″	1084,9	c‴	2048,0	e″	1290,2	f″	1366,9	fis″	1448,2	a″	1722,2
50	f″	1366,9	es‴	2435,5	g″	1534,3	a″	1722,2	h″	1933,0	cis‴	2169,8
39,5	g″	1534,3	f‴	2733,8	a″	1722,2	h″	1932,0	c‴	2048,0	es‴	2435,5
29	b″	1824,6	g‴	3068,6	h″	1933,0	c‴	2048,0	d‴	2298,8	f‴	2733,8
18,5	cis‴	2169,8	c‴′	4096,0	es‴	2435,5	e‴	2580,3	fis‴	2896,3	h‴	3649,1
8	g‴	3068,6	g‴′	6037,1	a‴	3444,3	a‴	3444,3	cis‴′	4439,5	d‴′	4597,6

Tabelle II*b*.

Volumen Cubikcentimeter.	No. 7. $d=7^{mm}$.		No. 8. $d=9{,}2^{mm}$.		No. 9. $d=12^{mm}$.		No. 10. $d=17^{mm}$.		No. 11. $d=18^{mm}$.		No. 12. $d=23{,}6^{mm}$.	
	Ton.	Schwingungszahl.	Ton.	Schwingungszahl.	Ton.	Schwingungszahl.	Ton.	Schwingungszahl.	Ton.	Schwingungszahl.	Ton.	Schwingungszahl.
176	d′	574,7	fis′	724,1	g′	767,1	a′	861,1	c″	1024,0	d″	1149,4
155	e′	645,1	fis′	724,1	as′	812,7	h′	966,5	cis″	1084,9	e″	1290,2
134	f′	683,4	gis′	812,7	b′	912,3	c″	1024,0	es″	1217,8	f″	1366,9
113	fis′	724,1	a′	861,1	h′	966,5	d″	1149,4	f″	1366,9	g″	1534,3
92	a′	861,1	h′	966,5	cis″	1084,9	e″	1290,2	g″	1534,3	a″	1722,2
71	h′	966,5	c″	1024,0	e″	1290,2	fis″	1448,2	a″	1722,2	h″	1933,0
50	d″	1149,4	e″	1290,2	g″	1534,3	a″	1722,2	h″	1933,0	es‴	2435,5
29	fis″	1448,2	a″	1722,2	h″	1933,0	cis‴	2169,8	e‴	2580,3	g‴	3068,6
18,5	a″	1722,2	—	—	—	—	fis‴	2896,3	gis‴	3251,0	—	—
8	e‴	2580,3	as‴	3251,0	h‴	3866,1	c⁗	4096,0	e⁗	5160,6	—	—

(Schluſs im nächsten Heft.)

IV. *Ueber die Schwingungen einer kreisförmigen elastischen Scheibe*[1]*); von G. Kirchhoff.*

Die Entdeckung Chladni's, die Ruhelinien einer schwingenden Scheibe durch aufgestreuten Sand sichtbar zu machen, leitete auch die Aufmerksamkeit der Mathematiker auf das Problem der schwingenden Scheiben. Frl. Sophie Germain hat das Verdienst, zuerst einen Versuch zur Lösung des Problems gemacht zu haben; aus einer Hypothese, die sie über die Kräfte ersonnen hatte, mit der eine elastische Platte Formveränderungen widerstrebt, entwickelte sie, unterstützt von Lagrange, die Differentialgleichungen für die Schwingungen einer solchen. Sie war im Stande, diese Gleichungen für den Fall einer rechteckigen Scheibe zu integriren, und erhielt in Beziehung auf die Höhe der Töne und die Knotenlinien, die diese begleiten, Resultate, die mit ihren Beobachtungen in Uebereinstimmung waren. Diese Uebereinstimmung kann indessen nur als eine zufällige angesehen werden; jene Differentialgleichungen sind nicht die richtigen; denn es läfst sich nachweisen, dafs sie einen Widerspruch gegen sich selbst in sich tragen. Die Schuld hiervon fällt auf die Hypothese, von der Frl. Germain ausgegangen ist.

Auf einer festeren Grundlage hat Poisson eine zweite Theorie der Schwingungen einer Scheibe aufgebaut. Die allgemeinen Gleichungen für das Gleichgewicht und die Bewegung eines beliebig gestalteten elastischen Körpers waren durch Navier und durch ihn aufgestellt; aus diesen leitete er die entsprechenden Gleichungen für den Fall ab, dafs der Körper eine sehr dünne Platte ist. Diese Gleichungen hat er integrirt unter der Annahme, dafs die Platte eine kreisförmige ist, und so schwingt, dafs alle Punkte, die gleich weit vom Mittelpunkte abstehen, sich immer in demselben Schwingungszustande befinden. Er fand, dafs eine

1) S. Crelles Journal für reine und angewandte Mathematik Bd. XL.

solche Platte unendlich viele Töne geben kann, von denen der tiefste Ton von 1, der zweite von 2, der dritte von 3 Knotenkreisen etc. begleitet wird; er berechnete die Radien der Knotenkreise, die zu den beiden tiefsten Tönen gehören, und fand eine gute Uebereinstimmung mit den Werthen, die Savart durch Messung dieser Radien erhalten hatte.

Aber auch die Poisson'sche Theorie der Schwingungen einer Platte bedurfte einer Berichtigung. Ich habe nachgewiesen, dafs den drei Gränzbedingungen, die Poisson entwickelt hat, im Allgemeinen nicht gleichzeitig genügt werden kann, und habe zwei Gränzbedingungen entwickelt, die an die Stelle jener zu setzen sind. Hiernach hatte es keine Schwierigkeit die Schwingungen einer kreisförmigen Platte im allgemeinen Falle durch die Rechnung zu verfolgen. Nach der Theorie Poisson's war dieses nicht möglich, da hier sich schon der Widerspruch seiner drei Gränzbedingungen zeigt, während in dem von ihm behandelten speciellen Falle diesen gleichzeitig genügt werden kann, und dieselben gleichbedeutend sind mit den beiden von mir aufgestellten.

Bevor ich die Resultate meiner Rechnung angebe, mufs ich folgende Bemerkung voranschicken. In den Gleichungen, die sich auf das Gleichgewicht und die Bewegung eines beliebig gestalteten elastischen Körpers beziehen, kommt eine Gröfse vor, die ich θ nennen will, für die bisher, den theoretischen Betrachtungen Poisson's und den Beobachtungen von Cagniard-Latour gemäfs, der Werth $\frac{1}{2}$ angenommen worden ist. Hr. Wertheim hat aus seinen Versuchen auf einen andern Werth von θ schliefsen zu müssen geglaubt, nämlich auf den Werth $\theta = 1$. Da die Gröfse θ auch in den Gleichungen vorkommt, die sich auf die Schwingungen einer Platte beziehen, so habe ich die Rechnung in Beziehung auf die Töne und die Knotenlinien einer Kreisscheibe für beide Werthe von θ angestellt. Es zeigte sich, dafs der Unterschied beider Rechnungen immer nicht erheblich und desto kleiner ausfällt, je höher der Ton

ist. Ich begnügte mich daher für die höheren Töne die Rechnung allein unter der älteren Annahme für θ durchzuführen.

Die Knotenlinien, die zu irgend einem Tone der Kreisscheibe gehören, bestehen der Theorie gemäfs, welches auch der Werth von θ sey, aus Kreisen, die concentrisch sind mit der Peripherie der Scheibe, und Durchmessern, die dieselbe in gleiche Theile theilen. Einen jeden Ton kann man charakterisiren durch die Zahl der Durchmesser und die der Kreise, die in der zugehörigen Knotenfigur sich finden. Es bezeichne m die Anzahl der Durchmesser, μ die der Kreise; dann werden sich die Schwingungszahlen der Töne, welche eine und dieselbe Scheibe geben kann, ordnen lassen in eine Tafel mit doppeltem Eingange, mit einem in Beziehung auf m und einem in Beziehung auf μ. Die Höhe der Töne, die eine Scheibe liefert, ist abhängig von ihrer Gröfse, Dicke und ihrem Stoffe; jedoch sind die Intervalle zwischen zwei entsprechenden Tönen von diesen Bedingungen unabhängig und bei allen Kreisscheiben die nämlichen. Die beiden folgenden Tafeln enthalten diese Intervalle; die erste ist unter der Annahme $\theta = \frac{1}{2}$, die zweite unter der Annahme $\theta = 1$ berechnet; in jeder ist die Anzahl der Schwingungen angegeben, die bei den einzelnen Tönen in der Zeit vollführt werden, in der bei dem Grundton der Scheibe eine Schwingung geschieht. Der Grundton ist derjenige Ton, dessen Knotenfigur aus zwei auf einander senkrechten Durchmessern besteht.

$\theta = \frac{1}{2}$.

μ.	$m=0$.	$m=1$.	$m=2$.	$m=3$.	$m=4$.	$m=5$.
0			1,0000	2,3124	4,0485	6,1982
1	1,6131	3,7032	6,4033	9,6445	13,3937	17,6304
2	6,9559	10,8383	15,3052	20,3249		
3	15,9031.					

$\theta = 1$.

μ.	$m=0$.	$m=1$.	$m=2$.	$m=3$.
0			1,0000	2,3274
1	1,7284	3,9072	6,7111	10,0762
2	7,3344	11,4003.		

Chladni hat in seiner Akustik Beobachtungen über die Töne einer kreisförmigen Scheibe mitgetheilt; aus diesen ergaben sich die folgenden Schwingungszahlen:

μ.	$m=0$.	$m=1$.	$m=2$.	$m=3$.	$m=4$.	$m=5$.
0			1,0	2,2	4,0	6,0 ... 6,4
1	1,6	3,6	6,0	9,0 ... 9,5	12,7	17,0
2	6,4 +	10,1	14,3	19,0		
3	14,3 ... 15,1.					

Das hinzugefügte Zeichen + deutet hier an, dafs der beobachtete Ton etwas höher war. Die beobachteten Tonverhältnisse stimmen etwas besser mit denjenigen überein, die unter der Annahme $\theta = \frac{1}{2}$ bezeichnet sind, als mit denjenigen, die sich bei der Annahme $\theta = 1$ ergeben haben; indessen steht zu hoffen, dafs genauere Beobachtungen der Töne auf eine bestimmte Weise für die eine oder die andere dieser Annahmen sprechen werden.

In Beziehung auf die Tonverhältnisse bemerke ich hier noch Folgendes. Wie die Schwingungszahlen der Töne, die ein frei schwingender Stab geben kann, sich immer mehr und mehr den Quadraten der ungeraden Zahlen nähern, je höher die Töne werden; so nähern sich auch die Schwingungszahlen der höheren Töne der kreisförmigen Scheibe den Quadraten gewisser Zahlen, nämlich den Quadraten von $m + 2\mu$. Diese Thatsache hat schon Chladni durch Beobachtungen festgestellt; und die Theorie bestätigt sie, welchen Werth man auch für θ annehme.

Um mit Hülfe der bisherigen Angaben die absolute Höhe der Töne einer Kreisscheibe berechnen zu können, ist es noch nöthig die Bestimmung für die Höhe des Grundtones hier herzusetzen. Dieser ist von den Dimensionen und dem Stoffe der Scheibe abhängig; bezeichnet l ihren Radius, ε ihre halbe Dicke, q den Elasticitätscoëfficienden und ϱ die Dichtigkeit ihres Stoffes, so ergiebt sich die Anzahl der Schwingungen, die in der Zeiteinheit bei dem Grundton vollführt werden:

bei der Annahme $\theta = \frac{1}{2}$: $\frac{\varepsilon}{l^2}\sqrt{\frac{q}{\varrho}}$ 1,04604,

und bei der Annahme $\theta = 1$: $\frac{\varepsilon}{l^2}\sqrt{\frac{q}{\varrho}}$ 1,02357.

Durch Beobachtung ist diese Gröfse, soviel mir bekannt, bisher nicht ermittelt worden.

Ich komme jetzt zur Angabe der Werthe der Radien der Knotenkreise, die zu den verschiedenen Tönen gehören, wie sie die Rechnung unter den beiden Annahmen für θ und wie die Beobachtung sie geliefert hat. Die Anordnung der folgenden Tafeln, in denen diese Werthe enthalten sind, ist entsprechend der Anordnung in den Tafeln für die Höhe der Töne; der Radius der Scheibe ist $= 1$ gesetzt.

$\theta = \frac{1}{2}$.

μ.	$m=0$.	$m=1$.	$m=2$.	$m=3$.	$m=4$.	$m=5$.
1	0,68062	0,78136	0,82194	0,84523	0,86095	0,87256
2	0,39151	0,49774	0,56043	0,60365		
	0,84200	0,87057	0,88747	0,89894		
3	0,25679					
	0,59147					
	0,89381.					

$\theta = 1$.

μ.	$m=0$.	$m=1$.	$m=2$.	$m=3$.
1	0,67941	0,78088	0,82274	0,84681
2		0,49715		
		0,87015.		

Die Beobachtungen, deren Resultate nun folgen, sind von Hrn. Strehlke angestellt, der die Güte gehabt hat, sie mir mitzutheilen. Hr. Strehlke hat seine Messungen an sechs sehr sorgfältig gearbeiteten Scheiben ausgeführt, die durch I, II, III, IV, V, VI bezeichnet werden sollen; die vier ersten waren von Glas, die beiden letzten von Metall; Dicke und Durchmesser der Scheiben waren, nach Pariser Maafs, ungefähr die folgenden:

	Dicke.	Durchmesser.
Scheibe I	1 Linie	6 Zoll
» II	1,1 »	7 »
» III	$\frac{2}{3}$ »	7 »
» IV	$\frac{2}{3}$ »	7 »
» V	$\frac{2}{3}$ »	5 »
» VI	$\frac{2}{3}$ »	6 »

Die an diesen Scheiben gemessenen Radien der Knotenkreise, waren, diese in Theilen des Radius der Scheiben ausgedrückt:

Scheibe I.

μ.	$m=0$.	$m=1$.
1	0,6792	0,7811.

Scheibe II.

μ.	$m=0$.	$m=1$.
1	0,6782	0,7802.

Scheibe III.

μ.	$m=0$.	$m=1$.	$m=2$.	$m=3$.	$m=4$.	$m=5$.
1	0,6780	0,7800	0,8210	0,8447	0,8601	0,8717.
2	0,3915	0,4977	0,5605	0,6038		
	0,8414	0,8697	0,8867	0,8981.		

Scheibe IV.

μ.	$m=0$.	$m=1$.	$m=2$.	$m=3$.	$m=4$.	$m=5$.
1	0,6770	0,7792	0,8205	0,8445	0,8601	
2	0,3911	0,4971	0,5608	0,6043		
	0,8411	0,8698	0,8870	0,8983		
3	0,2575					
	0,5921					
	0,8954					

Scheibe V.

μ.	$m=0$.	$m=1$.
1	0,6781	0,7796

Scheibe VI.

μ.	$m=0$.	$m=1$.	$m=2$.
1	0,6783	0,7802	0,8213.

Die an den verschiedenen Scheiben erhaltenen Resultate stimmen auf eine ausgezeichnete Weise unter einander überein, und mit den Resultaten der Rechnung, sowohl derjenigen, die unter der Annahme $\theta = \frac{1}{2}$, als derjenigen, die unter der Annahme $\theta = 1$ angestellt ist. Für die eine oder die andere dieser Annahmen entscheiden die Messungen der Radien der Knotenkreise nicht, da der Unterschied der Werthe, die die Rechnung bei beiden ergiebt, ein zu geringer ist.

V. *Beschreibung des Gyreidometers, eines Instrumentes zur genauen Messung der Farbenringe; von E. Wilde.*

Zur Erzeugung der *reflectirten Newton'schen Farbenringe* ist schon vor einigen Jahren von Jerichau [1]) eine Vorrichtung ersonnen worden, die sich vor andern [2]) zu demselben Zwecke bestimmten durch die den Gläsern gegebene Stellung auszeichnet. Dadurch nämlich, dafs in diesem Apparate, den Jerichau ein *Gyreidoskop* (von ὁ γῦρος, der Kreis; τὸ εἶδος, die Gestalt und σκόπεω, ich sehe) genannt hat, einem planparallelen Glase gegen eine bewegliche Horizontalebene, in der sich die Convexlinse befindet, eine geringe Neigung gegeben ist, wird man in den Stand gesetzt, beide Gläser allmälig und mit sehr kleiner Abnahme ihrer Entfernung immer mehr nähern, und die Aenderungen, die nach und nach in den Farben der Ringe eintreten, beobachten zu können.

Für das *Gyreidometer* habe ich diese zweckmäfsige Anordnung der Gläser im Wesentlichen beibehalten, sonst

1) Diese Ann. Bd. 54, S. 139.

2) Die Beschreibung einer von Ritchie zu eben diesem Zwecke angegebenen Vorrichtung findet man in diesen Ann. Bd. 42, S. 176.

aber, damit durch dieses Instrument die Farbenringe nicht blofs entstehen, sondern auch gemessen werden können, eine andere Einrichtung für dasselbe wählen müssen.

Es besteht das Gyreidometer 1) aus der Messingplatte (Fig. 1 Taf. I.) *a*, in der sich ein Schlitten *b* befindet, der mittelst der Mikrometerschraube *c* bewegt werden kann; 2) aus einer Convexlinse, die durch Schrauben an diesen Schlitten befestigt ist; 3) aus dem planparallelen, über dieser Convexlinse liegenden Glase *d*, das unter einem kleinen Winkel gegen die horizontale Bahn der Linse geneigt ist, und in dieser Neigung durch die Unterlage *e* und die Schraube *f* festgehalten wird, die mittelst einer Feder, durch welche sie geht, bei einem stärkeren Zusammenpressen der Gläser ein wenig nachgiebt, damit das Planparallelglas nicht zerbrochen werde; 4) aus den beiden, in Verticalebenen drehbaren Ständern *g* und *g'*, welche die Messingplatte *h* tragen, in der sich ein zweiter Schlitten befindet, der gleichfalls durch eine Mikrometerschraube *k* bewegt werden kann; 5) aus dem Mikroskope *m*, das an diesen Schlitten befestigt ist, und um dessen Axe sich die ganze Platte *h* herumdrehen läfst; endlich 6) aus dem in Viertelgrade getheilten Bogen *n*, an dem sich ein Nonius fortschiebt, der durch die Schraube *p* an den Ständer *g* befestigt werden kann. Damit man im Stande sey, die Einfalls- und Reflexionswinkel der Lichtstrahlen bis auf Minuten zu messen, sind 14 Theile des Bogens *n* auf diesem Nonius in 15 getheilt. Der ganze Apparat mit Einschlufs des Mikroskopes darf nur etwa 7 Zoll lang, eben so hoch und $2\frac{3}{4}$ Zoll breit seyn.

Der Nullpunkt des Bogens *n* und die Neigung des Planglases gegen die Bahn des unteren Schlittens *b* sind bei meinem Instrumente durch Reflexion bestimmt. Es wurden nämlich das Planglas mittelst der Schraube *e* und die Convexlinse mittelst dreier Stellschrauben, die sich unter derselben befinden, in eine solche Lage gebracht, dafs bei einer Verschiebung des Schlittens *b* keine Aenderung in den Farben der Ringe erfolgte, das Planglas also parallel

mit der horizontalen Bahn des Schlittens war, die Convexlinse hierauf aus dem Schlitten herausgenommen, und die untere Fläche des Planglases mit Folie belegt. Nachdem dann die Linsen aus dem Mikroskope entfernt waren, wurde dasselbe so gestellt, dafs man die von dem spiegelnden Planglase reflectirten Bilder der oberen und unteren Mikroskopöffnung concentrisch erblickte, und der Nullpunkt des Bogens für diese verticale Stellung des Mikroskopes genommen. Dasselbe wurde hierauf mittelst des Nonius um $34\frac{1}{2}$ Minuten über den Nullpunkt hinaus gerückt, und gleichfalls durch Spiegelung in eine senkrechte Lage gegen das Planglas gebracht. Dadurch war diesem Glase eine Neigung von $34\frac{1}{2}$ Minuten gegen die Bahn des unteren Schlittens gegeben, und es konnte nunmehr nach der Bestimmung dieses Winkels die Folie von dem Planglase wieder entfernt werden.

Bei der unteren Mikrometerschraube *c*, deren Kopf an seinem Umfange in 100 Theile getheilt ist, sind 100 Umgänge auf einen Englischen Zoll genommen. Durch jeden Theil des Kopfes wird also die Bewegung des Schlittens auf 0,0001 Zoll bestimmt. Diese Länge von 0,0001 Zoll werde durch (Fig. 2 Taf. I.) *ab* vorgestellt, so nähert sich, während der Punkt *a* des Schlittens nach *b* hin fortrückt, der Gipfel *e* der Convexlinse dem oberen Planglase *cd* um den Abstand $df = \frac{\text{tang}\,34'\frac{1}{2}}{10000}$. Da nun $\text{tang.}\,34'\frac{1}{2} = 0{,}01$, so wird also durch jeden Theil des Kopfes der umgedrehten Mikrometerschraube (Fig. 1 Taf. I.) *c* eine Annäherung beider Gläser von 0,000001 Zoll bei meinem Instrumente angegeben. Nur aus dem Grunde, damit gerade diese Annäherung der Gläser für jeden Theil des Kopfes erhalten werde, ist die Neigung des Planglases gegen die Bahn des unteren Schlittens nicht willkührlich, sondern $= 34\frac{1}{2}$ Minuten gewählt worden.

Eben so sind bei der Mikrometerschraube *k* des oberen Schlittens 100 Umgänge auf einen Englischen Zoll genommen, so dafs man, da der Kopf dieser Schraube gleichfalls

in 100 Theile getheilt ist, die Durchmesser der Ringe — indem das feine Haar, das in der Mitte des Gesichtsfeldes im Mikroskope ausgespannt ist, bei der Umdrehung der Mikrometerschraube *k* längs der Ringdurchmesser fortgeht — bis auf 0,0001 Zoll messen, und bis auf 0,00001 Zoll mit ziemlicher Sicherheit schätzen kann.

Die Sorgfalt, mit der Newton die zwischen zwei Glaslinsen entstehenden Farbenringe schon vor zwei Jahrhunderten beobachtet hat, verdient noch jetzt unsere ganze Anerkennung um so mehr, da er seine Messungen nur mit einem Cirkel und mit unbewaffnetem Auge anstellen konnte. Er sah sich aber deshalb genöthigt, Linsen mit sehr grofsen Krümmungshalbmessern, die 40 bis 50 Fufs lang waren, anzuwenden. Denn da sich die Halbmesser der Ringe wie $\left[\frac{\varrho\,\varrho'}{\varrho+\varrho'}\right]^{\frac{1}{2}}$ verhalten, wenn ϱ und ϱ' die Krümmungshalbmesser der Linsen bedeuten, so werden bei so grofsen Werthen von ϱ und ϱ' die Ringe selbst sehr breit, und es wird daher eine genaue Messung derselben auch schon bei einer unvollkommenen Beobachtungsmethode möglich. Solche Linsen lassen sich indefs nur mit vieler Mühe und äufserster Sorgfalt schleifen.

Im *homogenen* Lichte erhält man aber auch eine grofse Menge von Ringen, wenn die Krümmungshalbmesser der Linsen nur ein Paar Fufs lang sind, und selbst mit solchen Gläsern kann man mittelst des Gyreidometers die Eigenschaften dieser Farben mit hinreichender Genauigkeit untersuchen. Werden die Grundfläche der unteren Messingplatte *a* und der untere Schlitten *b* da, wo die Convexlinse liegt, durchbrochen, so ist das Instrument auch zur Beobachtung der *durchgelassenen Ringe* geeignet. Auch kann man mit demselben die Ringe messen, die zwischen Glas und einem Metalle oder zwischen Glas und jeder andern undurchsichtigen und starren Masse entstehen, wenn man das untere Convexglas durch einen convexen Spiegel aus diesen undurchsichtigen Körpern ersetzt.

VI. *Entwurf eines Apparates zur Erleichterung der Zeitbestimmung bei magnetischen Beobachtungen; von Dr. H. Schwarz, Privatdocent in Breslau.*

Durch Hrn. Prof. v. Boguslawski wurde ich mehrmals zu den magnetischen Beobachtungen, welche auf hiesiger Sternwarte angestellt werden, mit verwendet. Ungeübt, wie ich war in dieser Art von Beobachtungen, fiel es mir besonders schwer, abwechselnd den Zeiger der Secundenuhr und die Scale des Declinations- und des Intensitätsapparates zu beobachten. Ich versuchte auf dem Papiere einen Apparat zu construiren, welcher erlaubte, fortdauernd auf der Scale zu beobachten, und doch den Eintritt der Beobachtungszeit deutlich zu erkennen gäbe. Ich erlaube mir denselben der Beurtheilung des Publikums vorzulegen.

Zum Signal für den Beobachter benutze ich das Gefühl, welches der Strom einer mäfsig starken, galvanischen Säule beim Durchgehen durch den angefeuchteten Finger hervorbringt. Auf diese Weise braucht der Beobachter sein Auge nicht von der Scale zu verwenden, wird aber jederzeit benachrichtigt, wenn der zur Beobachtung bezeichnete Moment eintritt.

Es sey (*A*) Fig. 3. Taf. I. die metallene Axe eines besondern, richtigen Gehwerkes (durch *C* angedeutet); auf derselben sitzt die metallene Scheibe (*B*); ihre Umdrehungsgeschwindigkeit ist gleich einer Minute; der Umfang der Scheibe besteht aus einem elfenbeinenen, nicht leitenden Ringe, der in drei Abtheilungen getheilt ist. Die beiden äufseren sind in 60 oder 120 Theile getheilt, jeder Theil entspricht dann 1^s und $0{,}5^s$.

Wenn nun z. B. die magnetische Declination bei 15^s, 45^s und $1^m\,5^s$ beobachtet werden soll, so befinden sich bei den Theilstrichen 15, 45 und 5 Einschnitte in den Ring, welche mit Metall ausgefüllt sind, so dafs an diesen Stellen vom Umfange bis zur Axe eine leitende Verbin-

dung vorhanden ist. Ganz ebenso ist die andere Seite des Ringes eingerichtet, nur dafs hier, weil derselbe zu den Intensitätsbeobachtungen bestimmt ist, bei andern Secunden die leitende Verbindung hergestellt wird.

Auf diesem Scheibenrande schleift nun eine Stahlfeder bb', welche durch den Draht (d) in metallischer Verbindung mit dem einen Pole (P) der galvanischen Batterie (G) steht. Durch das Excentricum (E), welches durch das Gehwerk selbst regelmäfsig bewegt wird, wird diese Feder hin und her geschoben, und zwar so, dafs sie während der Declinationsbeobachtungen den rechten Rand, während der Zwischenzeit die nicht leitende Mitte, während der Intensitätsbeobachtungen den linken Rand berührt.

Von dem metallischen Axenlager (C) geht eine Leitung (d') nach dem Zwischenstück (FF'). Es sind diefs zwei isolirte Metallstücke, zwischen welchen man die Leitung herstellt, indem man den angefeuchteten Finger dazwischen legt. Von F' geht ein Leitungsdraht (d'') nach dem Pole (P') der galvanischen Batterie. Das Zwischenstück FF befindet sich auf dem Beobachtungstische zur linken Hand des Beobachters. Hier in Breslau können beide Apparate von einem Platze aus beobachtet werden; sind beide getrennt, so mufs sich natürlich an jedem Beobachtungsplatze ein solches Zwischenstück FF' befinden, jedes mit dem Axenlager (C) und dem Pole (P') verbunden.

Um etwaige Störungen des Gehwerkes durch den galvanischen Strom zu vermeiden, ist die Axe (A) bei M unterbrochen und durch einen elfenbeinenen nicht leitenden Muff wieder verbunden. Natürlich mufs auch das Excentricum (E) isolirt seyn. Der Zeiger (Z) dient zur Regulirung und Controle.

Der Gebrauch des Apparates ist nun folgender. Beim Anfang der Beobachtung regulirt man zuerst den Gang des Gehwerkes nach einer richtig gehenden Uhr, setzt die galvanische Batterie in Thätigkeit und legt alsdann den angefeuchteten Zeigefinger der linken Hand zwischen die Platten FF' und das Auge an das Fernrohr. In dem Augen-

blicke, wo die Feder bb' einen metallischen Punkt (m) berührt, geht der galvanische Strom von P durch d nach bb', dann durch m auf die Scheibe B, auf die Axe A, das Axenlager C und das Zwischenstück F über; von dort mufs er durch den Finger gehen, um über F' nach P zurückzukehren.

So wird der Beobachter auf das rascheste von dem Eintritte der Beobachtungszeit benachrichtiget. Man kann auch mehrere Secundentheile vorher metallische Leitungen herstellen, so dafs die ersten Schläge nur avertiren, der letzte als Beobachtungspunkt gilt. Bei Abänderung der Zeitpunkte der Beobachtung genügt es, auf die Scheibe einen neuen Ring aufziehen zu lassen.

VII. *Einige weitere Mittheilungen und Bemerkungen, meine Theorie des farbigen Lichtes der Doppelsterne etc. betreffend;*

von Dr. Christian Doppler in Wien.

(Gelesen in der Klassensitzung der Kaiserl. Academie am 18. Juli 1850) und mitgetheilt vom Hrn. Verfasser.

Meine Theorie des Einflusses der Bewegung auf die Höhe der Töne in akustischer und auf das farbige Licht der Gestirne in optischer Beziehung hat, wie dieſs vermuthlich der Mehrzahl der verehrlichen Leser dieser Zeitschrift bereits bekannt seyn dürfte, seit ihrer ersten Bestätigung durch Hrn. Dr. Ballot im Juni 1845 mittelst directer Versuche auf der Eisenbahn zwischen Utrecht und Maarsen in neuerer Zeit sich einer mehrfachen directen und indirecten Prüfung und Erhärtung in England, Frankreich und Italien zu erfreuen gehabt, deren Resultate mich zu nachfolgenden Mittheilungen und Bemerkungen veranlassen.

M. Scott Russel, einer der vielen ausgezeichneten Physiker Englands, hat nach Mittheilungen, die ich hauptsächlich Hrn. Moigno's *Repertoire d'optique moderne, Paris* 1850 entnehme, unlängst auf den Eisenbahnen Englands akustische Versuche in dieser Beziehung angestellt und Resultate gewonnen, welche, ständen sie selbst theilweise jenen des Hrn. Ballot an Genauigkeit nach, dennoch der aufserordentlichen Geschwindigkeit der Locomotivbewegung wegen, bei der sie angestellt wurden, die höchste Beachtung verdienen und als in einem hohen Grade entscheidend angesehen werden müssen. Nach Hrn. Scott Russel's eigener Angabe war diese Geschwindigkeit zwischen 50 — 80 engl. Meilen in der Stunde. Der Erfolg der angestellten Versuche war aber auch dieser Geschwindigkeit entsprechend, nämlich ein ganz und gar unzweifelhafter und mit meiner Theorie vollkommen übereinstimmender. Ueberall und stets wurde der kommende Ton bedeutend höher, der gehende bedeutend niedriger vernommen, als der bei stillstehender Tonquelle oder stationärem Beobachter. Zugleich macht Hr. Scott Russel auf den auffallenden und leicht zu beobachtenden Tonunterschied aufmerksam, wo ein Beobachter den directen und den von einer Wand, etwa der Façade eines Tunnels reflectirten Ton zugleich vernimmt. M. Scott Russel hat diese seine gemachten Beobachtungen, welche sich auf Töne von sehr verschiedenen Höhen bezogen zu haben scheinen, ohne meiner darauf bezüglichen Leistungen auch nur im Vorbeigehen zu erwähnen, der *british Association* mitgetheilt, und eine Erklärung beigefügt, welche fast wörtlich meiner Abhandlung entnommen ist [1]).

Der Verfasser des *Repertoire d'optique* nennt diefs »*une triste ignorance où une injustice impardonnable*». Ich mei-

1) Auch Hr. Ch. Montigny in Namur befindet sich in demselben Fall. Auf Veranlassung der Versuche des Hrn. Russel hat er ähnliche, mit gleichem Erfolge wie dieser, angestellt, ohne indefs dabei der HH. Buys-Ballot und Doppler im Geringsten zu erwähnen. Man sehe *Bullet. de l'acad. de Bruxelles* 1848 *Pt. II. p.* 378. (P.)

nes Theils erlaube mir blofs in Erinnerung zu bringen, dafs meine, diesen Gegenstand betreffende, Abhandlung bereits schon im Jahre 1842 im Druck erschien, dafs das in derselben aufgestellte akustische Theorem, wie bekannt, bereits schon vor mehr als 5 Jahren durch Dr. Ballot dankenswerthen Versuche constatirt, und dafs seit eben dieser Zeit meine Theorie ein Gegenstand vielseitiger Discussionen in Zeitschriften geworden ist, und zwar nicht blofs in Deutschland und Italien, sondern auch in Belgien und Frankreich. Diefs zur Wahrung meiner Prioritätsrechte!

Eine weitere Bestätigung auf anderem und zwar rein experimentellem Wege ist meiner Theorie in neuester Zeit in Frankreich durch den ebenso ausgezeichneten Physiker wie glücklichen Experimentator Hr. Hippolite Fizeau in Paris zu Theil geworden. Hr. Fizeau hat gleichsam durch Umkehrung des Princips, auf welchem Savart's gezahntes Rädchen beruhet, einen Apparat construirt, mittelst welchem er Resultate gewonnen haben soll, welche meine Theorie vollkommen bestätigen. In akustischer Beziehung dürfte nunmehr meine Theorie wohl so ziemlich als aufser Zweifel gestellt anzusehen seyn, nicht in gleichem Grade aber auch in optischer. Mit dem Lichte läfst sich nun einmal, seiner ungemein grofsen Fortpflanzungsgeschwindigkeit und der aufserordentlichen Kleinheit der Wellenlängen wegen, wenigstens in der hier in Rede stehenden Beziehung unmittelbar nicht experimentiren, da Geschwindigkeiten, wie sie hier in Betracht kommen, auf Erden sich füglich nicht erzeugen lassen, und wir sehen uns demnach nur auf die Bewegungen der leuchtenden Himmelskörper selber angewiesen, mit denen wir zwar gleichfalls keine Versuche anstellen, wohl aber sie unter verschiedenen uns bekannten Umständen beobachten können.

Ich habe eine bedeutende Anzahl solcher von Andern zu ganz andern Zwecken gemachter Beobachtungen, welche ganz für die Anwendbarkeit meiner Theorie auch auf gewisse Erscheinungen des Lichtes sprechen, zusammengestellt und bekannt gemacht und bei dieser Gelegenheit wiederholt

holt den Wunsch ausgesprochen, dafs auch Andere sich bei dieser wissenschaftlichen Angelegenheit betheiligen möchten, da nach der Natur der Sache nur durch vereinte Kräfte hierin etwas Bedeutendes erzielt werden könne. Meine diefsfallsigen Wünsche blieben auch nicht unerfüllt. Hr. Sestini, Astronom am *Collegio Romano* zu Rom hat, wie er selber sagt, auf Veranlassung meiner kleinen Schrift über das farbige Licht der Doppelsterne, welche ihm zugekommen war, sich unter theilweiser Mithülfe des Hrn. Ignazio Cagnoni und seines Collegen Antonio Grofs, welchen letzteren er jedoch bald durch den Tod verlor, sich der mehrjährigen gewifs nicht unbedeutenden Mühe unterzogen, eine sorgfältige bis dahin in dieser Absicht noch niemals unternommene Durchmusterung des gestirnten Himmels und eine genaue Bestimmung der Farbe des Lichtes der einzelnen Fixsterne vorzunehmen. Er legt nunmehr die Resultate seiner verdienstlichen Beobachtungen in zwei Memoiren [1]) dem astronomischen Publicum vor und es gewährt mir keine geringe Genugthuung, das Ergebnifs seiner sorgfältigen Forschungen als mit meiner Theorie im schönsten Einklang stehend erklären zu können. Es können diese Resultate in nachfolgenden Punkten zusammengefafst werden:

1. Die Farbe des Lichtes der Fixsterne, welche keine Doppel- oder mehrfachen Sterne sind, ist ganz gegen die bisherige Meinung der Mehrzahl der Astronomen, die gemeinhin nur den letzteren farbiges Licht zuerkannten, nicht bei allen die weifse und ebenförmig die gelbe, sondern es finden sich unter diesen Sterne in gar nicht unbeträchtlicher Menge von oranger, grüner, blauer und violetter Farbe mit allen möglichen Nüancirungen vor. — Die Sterne von gelblichem Lichte mit theilweise schwacher farbiger Nüancirung machen beiläufig die Hälfte von allen aus; — solche

1) *Memoria sopra i colori delle stelle del catalogo di Baily, osservati dal P. Benodetto Sestini. Roma* 1845; und
Memoria seconda intorno ai colori delle stelle del catalogo di Baily osservati dal P. Benodetto Sestini. Roma 1847.

von weifsem Lichte betragen ungefähr $\frac{1}{5}$, und jene von oranger Farbe etwas über $\frac{1}{5}$, so also, dafs für die übrigen Farben nur ein schwaches $\frac{1}{10}$ von allen übrig bleibt.

2. Ganz gegen alles Vermuthen finden sich ferner diese farbigen Sterne durchaus nicht über das ganze sichtbare Himmelsgewölbe gleichförmig und noch viel weniger bezüglich der einzelnen Farben in gleichem Verhältnisse vertheilt vor, sondern es hat in dieser Beziehung ein auffallender und höchst beachtenswerther Unterschied statt. — Eine genaue von Hrn. Sestini selber angestellte Vergleichung zeigt nämlich:

α) dafs die weifsen Sterne am häufigsten in der nördlichen Himmelshälfte und zwar beiläufig zwischen $60-90°$ nördlicher Breite sich vorfinden, die südlichen Gegenden dagegen daran sehr arm sind;

β) dafs die bei weitem meisten Sterne mit farbigem Lichte innerhalb einer Zone liegen, welche beiläufig von 30° nördlicher bis zu 30° südlicher Breite reicht. Hier mufs berichtigend hinzugefügt werden, dafs man sich durch eine Einsicht in den seinen Memoiren beigefügten Catalog leicht davon überzeugt, dafs dieser Gürtel nichts weniger als mit dem Himmels-Aequator parallel läuft;

γ) dafs ferner auf der nördlichen Hälfte dieser Zone verhältnifsmäfsig die meisten blauen und violetten, in der südlichen dagegen die meisten orangen und rothen Sterne sich vorfinden;

δ) dafs es weiter von allen Partien des gestirnten Himmels keine giebt, an welcher im Vergleich zu den daselbst befindlichen andern Sternen so viele blaue und violette Sterne vorkommen als jene, wo sich das Sternbild des Herkules befindet. Nun aber ist es bekannt, dafs nach Herschels und Argelanders Untersuchungen unser Planetensystem mit der Sonne als seinen Centralkörper aus der südlichen in die nördliche Hemisphäre und zwar ungefähr in der Richtung vom Flusse Eridanus gegen das Sternbild des Herkules hin sich bewegt. Es erscheint demnach

nur als eine nothwendige Consequenz meiner aufgestellten Theorie, dafs die südliche Himmelshälfte verhältnifsmäfsig mehr orange und rothe, die nördliche dagegen mehr blaue und violette Sterne zählen müssen, so wie insbesondere die Gegend, wo sich beiläufig Herkules befindet, von allen die meisten blauen und violetten enthalten müsse. Aus gleichem Grunde mufs auch die südliche Himmelshälfte bedeutend ärmer an Sternen geringerer Gröfse sich zeigen als die nördliche. — Ich habe in meiner früheren Abhandlung des letzteren Umstands ausdrücklich, des vorhergehenden wenigstens andeutungsweise erwähnt und die Beobachtung hat meine, wie es mir schon damals schien, gegründeten Vermuthungen nicht zu Schanden werden lassen.

3. Das farbige Licht der einfachen oder der als solche geltenden Fixsterne ist gleich jenem der Doppel- und mehrfachen Sterne höchst wahrscheinlich einer Aenderung unterworfen, die jedoch von einer viel längeren Dauer ist als jene bei den bisher bekannten Doppelsternen. Für diese Ansicht sprechen, wenn auch nur wenige, doch gut constatirte Beobachtungen. Neben den bereits bekannten auffallenden Farbenänderungen des Sirius, führt Hr. Sestini neuerlich noch die des Sterns β in den Zwillingen an, welcher Stern im Almagest als *roth* bezeichnet wird, während ihn doch heut zu Tage Jedermann zu den entschieden *weifsen* rechnet.

4. Endlich hat Hr. Sestini durch seine Beobachtungen, verbunden mit einer sorgfältigen Vergleichung früherer darauf bezüglicher Angaben, die Anzahl der bereits schon bekannten an Farbe veränderlicher Doppelsterne noch um mehrere vermehrt, wie dieſs aus seinem *Memoire* von 1845 *p. XI* und aus jenem von 1847 pag. 10 zu ersehen ist. — Dieſs sind nun jene Mittheilungen und Bemerkungen, deren öffentliche Besprechung ich mir und der in Rede stehenden wissenschaftlichen Angelegenheit schuldig zu seyn glaubte.

VIII. *Ueber einen neuen allotropischen Zustand des Phosphors; von A. Schrötter.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus d. Schrift. d. math. phys. Klasse d. Acad. d. Wissensch. zu Wien. Bd. I.)

Es ist eine seit langer Zeit bekannte Thatsache, dafs der Phosphor, der Einwirkung des Lichtes ausgesetzt, eine rothe Farbe annimmt. Man giebt an, dafs diese Veränderung sowohl in luftleerem Raume als auch in allen gegen den Phosphor indifferenten Gasen erfolge; in Stickgas soll der Phosphor jedoch, nach A. Vogel, nicht roth, sondern weifs werden. Ueber die Ursachen dieser interessanten Thatsache herrschen die verschiedensten Ansichten, und man ist darüber eben so wenig im Reinen, als über die näheren Umstände, unter welchen die obige Umänderung vor sich geht. Berzelius schreibt das Rothwerden des Phosphors dem Uebergange desselben in eine andere Modification zu; eine Ansicht, welche ganz besonders durch die wichtigen Thatsachen an Wahrscheinlichkeit gewann, die Berzelius beim Verhalten des Phosphors gegen Schwefel und den dadurch gebildeten Phosphorsulfometallen entdeckte. Andere Gelehrte bezeichnen den rothgefärbten Phosphor geradezu als einen mit Phosphoroxyd gemengten, und L. Gmelin, der ebenfalls dieser Ansicht ist (s. dessen Handbuch I. S. 560), hält es für wahrscheinlich, dafs der im Vacuum und in den sauerstofffreien Gasen durch die Einwirkung des Lichtes roth werdende Phosphor nicht ganz trocken sey, der Sauerstoff also von dem Wasser herrühren könne, welches derselbe, bei gleichzeitiger Einwirkung des Lichtes, zu zersetzen vermag. In der That mufs man zugeben, dafs, wenn man die Bildung des Phosphoroxydes als die Ursache des Rothwerdens annimmt, diefs auch die einzige Quelle von Sauerstoff ist, welche bei dem heutigen Stande der Wissenschaft für wahrscheinlich gelten kann.

Dieses war der Zustand unserer Kenntnisse in Bezug auf die Frage, welches die wahre Ursache des Rothwer-

dens des Phosphors sey, als ich, und zwar schon im Juni des Jahres 1845, veranlafst wurde, dieses räthselhafte Verhalten desselben näher zu studiren.

Es schien mir vor allem nothwendig auszumitteln, ob denn wirklich die Gegenwart von Sauerstoff, sey es des freien oder des z. B. an Wasserstoff gebundenen, zum Rothwerden des Phosphors nothwendig sey. Zu diesem Behufe brachte ich vollkommen reinen, farblosen, so gut wie möglich getrockneten Phosphor in eine Kugelröhre, und setzte diese mit einem Apparate in Verbindung, aus welchem sich Kohlensäure entwickelte. Vor dem Anlegen der Röhre, welche den Phosphor enthielt, liefs ich so lange das Gas durch das zum Reinigen und Trocknen desselben bestimmte Röhrensystem strömen, bis dieses vollkommen von aller atmosphärischen Luft befreit war. Die Röhre, welche den Phosphor enthielt, war mit einer Chlorcalciumröhre verbunden, und dann erst mit Wasser abgesperrt. Ich leitete nun das Gas so lange bei gewöhnlicher Temperatur über den Phosphor, bis es von Aetzkali vollständig absorbirt wurde, und erhitzte denselben dann nach und nach bis weit über 100°, um so alle Feuchtigkeit zu entfernen. Nachdem dieser Zweck vollkommen erreicht war, wurde die Röhre, ohne sie von dem Apparate zu nehmen, zuerst an der Seite abgeschmolzen, welche mit dem Röhrensysteme, durch das die Luft einströmte, in Verbindung stand, und dann wurde sie auch am anderen Ende zugeschmolzen. Nachdem der Phosphor auf diese Weise weder mit freiem Sauerstoff noch mit Wasser in Berührung war, überliefs ich ihn der Einwirkung des Lichtes. Schon nach kurzer Zeit fing derselbe an, roth zu werden, und zwar um so rascher, je intensiveres Licht auf denselben einwirkte. Aber auch im zerstreuten Lichte, bei einer Temperatur von — 14° C. und selbst wenn das Licht zuerst durch eine Wasserschicht gehen mufste, war der Phosphor nach wenigen Tagen intensiv roth gefärbt. Es war hierbei ganz deutlich zu bemerken, dafs der Phosphor nicht, wie man häufig meint, durch seine ganze Masse roth wird;

sondern dafs sich ein rother fester Körper in feinen Theilchen aus demselben abscheidet. Derselbe Versuch wurde, immer mit gleichem Erfolge, auch in Wasserstoffgas, das aufs sorgfältigste gereiniget und ganz geruchlos war, so wie mit Stickgas angestellt. Dieses letztere befand sich in einem Gasometer und wurde, ehe es noch mit dem Phosphor in Berührung kam, über glühendes, feinvertheiltes Kupfer geleitet. Beim Oeffnen der den rothgewordenen Phosphor enthaltenen Röhren war weder durch den Geruch noch sonst auf eine Weise das Vorhandenseyn eines fremden Gases zu bemerken, und dieſs war auch dann nicht der Fall, als der Phosphor in feuchtem Zustande angewendet wurde.

Aus den angegebenen Thatsachen mufs, glaube ich, der Schlufs gezogen werden, dafs die Veränderung, die der Phosphor durch die Einwirkung des Lichtes erleidet, von der Gegenwart des Sauerstoffs gänzlich unabhängig ist, dafs dieselbe also auf keine Weise durch eine Oxydation bedingt seyn könne. Ich werde weiter unten zeigen, dafs der sich hierbei absondernde rothe Körper wirklich nichts als reiner Phosphor ist, der sich jedoch in einem anderen allotropischen Zustande, und zwar in dem amorphen befindet.

Es war nun zunächst zu untersuchen, ob die gedachte Veränderung des Phosphors nicht noch auf eine andere Art als durch die Einwirkung des Lichtes hervorgebracht werden könne. Sowohl durch Erscheinungen, die ich bei den obigen Versuchen zu beobachten die Gelegenheit hatte, als durch die Betrachtung, dafs sich die Wärme in so vielen Fällen, wo es sich um chemische Wirkungen handelt, wie das Licht verhält, wurde ich veranlafst, zu versuchen, ob sie sich nicht auch hier mit gleichem Erfolge dem Lichte substituiren lasse. Zu diesem Zwecke liefs ich an dem Halse einer Retorte von hartem Glase eine Kugel aufblasen, und brachte dann sowohl in die Retorte selbst als in die Kugel getrockneten Phosphor. Mit dem Halse der Retorte wurde eine Röhre luftdicht verbunden, deren verticaler,

ungefähr 28 Zoll langer Schenkel in Quecksilber tauchte. Der Theil des Halses zwischen der Kugel und dem Korke enthielt Chlorcalcium, und in dem Tubulus der Retorte war ein Thermometer, dessen Cylinder ganz in den Phosphor tauchte, luftdicht eingekittet. Nachdem der Apparat auf diese Weise vorgerichtet war, erwärmte ich zuerst den in der kleinen Kugel befindlichen Phosphor soweit, dafs er sich entzündete und auf diese Weise allen in dem Apparate enthaltenen Sauerstoff verzehrte. Um die allenfalls noch vorhandene geringe Menge von Wasser zum Chlorcalcium zu treiben, erhitzte ich nun den in der Retorte befindlichen Phosphor bis 100° und liefs dann den Apparat erkalten. Das Quecksilber stieg in der Röhre in die Höhe und behielt seinen Standpunkt unverändert bei. Nun erst, wo man mit grofser Sicherheit annehmen konnte, dafs der Phosphor der Retorte sich in einer Atmosphäre von hinreichend reinem Stickgas und aufser aller Berührung mit Sauerstoff befinde, wurde derselbe stärker erhitzt, aber die Temperatur hierbei nur sehr langsam gesteigert. Anfangs zeigte sich keine Veränderung, der Phosphor erschien ganz durchsichtig und sublimirte schon bei 150° C., flofs aber in wasserhellen, das Licht stark zerstreuenden Tropfen wieder in den Bauch der Retorte zurück. Als jedoch die Temperatur auf 226° C. gestiegen war und längere Zeit in dieser Höhe erhalten wurde, traten andere Erscheinungen ein, die wohl längst und oft bemerkt, aber bisher von Niemandem richtig gedeutet wurden, und welche vielleicht auch ich unbeachtet gelassen hätte, wenn ich nicht durch die vorher angeführten Thatsachen darauf vorbereitet gewesen wäre. Der Phosphor nahm nämlich bald die schöne, fast carmoisinrothe Farbe an, welche er durch die Einwirkung des Lichtes erhält; wurde nach und nach dickflüssig, immer dunkler und zuletzt völlig undurchsichtig. Diese Veränderung des Phosphors fand jedoch nicht plötzlich, sondern successive statt, und ich konnte auch hier sehr deutlich bemerken, dafs sich zuerst am Boden feine rothe Theilchen abscheiden, deren Menge schnell zunimmt; und die sich dann durch die

ganze Masse gleichförmig vertheilen. Wird der Phosphor längere Zeit, etwa durch 48 — 60 Stunden ununterbrochen bei einer Temperatur, die zwischen 240 und 250° C. liegt, erhalten, so setzt sich am Boden des Gefäfses eine feste, mehr oder minder dicke Schicht von amorphem Phosphor ab, während die obere Schicht noch ziemlich viel gewöhnlichen Phosphor, aber auch mit einer beträchtlichen Menge amorphen gemengt, enthält. Bringt man in dem Kolben, nachdem er erkaltet ist, Wasser von 50 — 60° C., so schmilzt nur die obere Schichte weg, und man kann aus derselben auf die gewöhnliche Weise Stangen formen, die durch die ganze Masse gleichförmig korallenroth gefärbt und weit härter und spröder als der gewöhnliche Phosphor sind. Zerbricht man sie, was bei einiger Dicke derselben nur mit beträchtlicher Kraft geschehen kann, so zeigt sich im Momente der Trennung eine Lichterscheinung, und der Phosphor entzündete sich, wenn seine Temperatur auch einige Grade unter 0° war. Die Temperatur, bei welcher der Phosphor amorph wird, läfst sich nicht mit Genauigkeit bestimmen, denn innerhalb gewisser Gränzen bewirkt eine niedere Temperatur dasselbe in längerer Zeit, was bei einer höheren schon in kürzerer geschieht. Ich sah die Umwandlung bei 215° C. eintreten, wenn der Phosphor lange genug dieser Temperatur ausgesetzt wurde; am raschesten geht sie indefs, wie oben angegeben, zwischen 240 und 250° vor sich. Als ich den eben beschriebenen Versuch so anstellte, dafs die Retorte zugleich vom Lichte getroffen wurde, zeigte es sich sehr deutlich, dafs die Wirkung des Lichtes und die der Wärme sich gegenseitig unterstützen, so dafs man sagen kann: erwärmter Phosphor wird durch das Licht viel schneller geröthet als kalter, oder vom Lichte getroffener Phosphor bedarf einer geringeren Temperatur-Erhöhung, um auf die oben angegebene Art verändert zu werden, als im Dunkel befindlicher. Diefs beweiset zugleich, dafs die Einwirkung der Wärme und des Lichtes von gleicher Art sind. Ob es übrigens nicht eine Temperaturgränze gebe, bei welcher das Licht allein die Veränderung nicht zu bewirken

vermag, sowie factisch für die Wärme eine solche Gränze wirklich vorhanden ist, mufs für jetzt dahingestellt bleiben.

Der Phosphor kann also durch die Einwirkung der Wärme allein eben so modificirt werden, wie durch die des Lichtes, und die Annahme, dafs der sich hierbei bildende rothe Körper wirklich nichts anderes als reiner Phosphor in einem anderen allotropischen Zustande sey, erscheint im höchsten Grade wahrscheinlich. In dem Folgenden werde ich, und zwar hoffe ich durch unwiederlegliche Thatsachen, die Richtigkeit dieses Satzes aufser Zweifel setzen. Es wird sich nämlich herausstellen, dafs der rothe Körper, welcher sich dem der Einwirkung des Lichtes oder der Wärme ausgesetzten Phosphor beigemengt, *nichts als amorpher Phosphor ist*, der sich gegen den gewöhnlichen, das ist krystallisirten, wie die amorphe Kohle zum Demant oder Graphit verhält.

Um diesen Beweis zu führen, war es nothwendig, entweder den rothen Körper zu isoliren und durch quantitative Bestimmungen zu zeigen, dafs derselbe geeignete wägbare Verbindungen in derselben Menge liefert, wie gewöhnlicher Phosphor, oder die Bildung dieses Körpers unter Umständen zu bewerkstelligen, die jede Einmischung eines anderen Körpers absolut unmöglich erscheinen lassen, und, wenn es angeht, unter Beobachtung derselben Vorsichten, auch rückwärts aus dem rothen Körper, ohne alle Gesichtsveränderung, gewönlichen Phosphor darzustellen. Ich zog es vor, den letzteren Weg einzuschlagen, da die auf demselben enthaltenen Resultate sowohl von dem Werthe der Aequivalente als von den bei allen numerischen Bestimmungen unvermeidlichen Beobachtungsfehlern unabhängig sind, und daher ungleich schärfer beweisend seyn müssen als die, welche quantitative Bestimmungen hätten geben können. Da es hierbei darauf ankommt, auch die geringsten störenden Einflüsse zu beseitigen, was nur durch eine zweckmäfsige Einrichtung der Apparate sowohl als der Methode des Versuches selbst erreicht werden kann; so mufs

ich beide hier ausführlicher beschreiben als dieses sonst nöthig wäre.

Um jeden Einwurf zu beseitigen, mufste die Art, wie der bereits beschriebene Versuch angestellt wurde, einige Abänderungen erleiden. Es wurde nämlich eine Röhre aus hartem Glase so vorgerichtet, wie Fig. 4 Taf. I. In die Kugel *c* brachte ich wohl getrockneten Phosphor und setzte dann bei *a* die Röhre mit einem Apparate in Verbindung, in welchem Kohlensäure entwickelt und aufs sorgfältigste getrocknet und gereinigt wurde. Bei *b* war dieselbe etwas eingezogen und ihr verticaler, über 28 Zoll langer Schenkel mit Quecksilber abgesperrt. Ich leitete nun so lange Kohlensäure durch den Apparat, bis das bei *h* austretende Gas vollständig von Aetzkali absorbirt wurde, also reine Kohlensäure war. Nach vollständiger Erreichung dieses Zweckes erwärmte ich den Phosphor etwas über 100°, um alle Feuchtigkeit durch den fortdauernden Gasstrom zu entfernen, eine Vorsicht, die nothwendig ist, weil hierbei meistens noch Spuren von Wasser bemerkt werden. Als die Röhre auf diese Weise vollständig getrocknet war, wurde sie bei *b* mit dem Löthrohre so weit erhitzt, dafs dieselbe abgezogen, zugleich zugeschmolzen und so von dem übrigen Apparate getrennt werden konnte, ohne dafs sich im mindesten etwas an dem früheren Zustande hätte ändern können. Nach dieser sorgfältigen Vorbereitung erhitzte ich den Phosphor bis zu der Temperatur, wo er roth zu werden anfängt, und erhielt ihn eine Zeit lang bei derselben. Hierbei fand nicht die geringste Gas-Entwicklung oder Absorption statt, und dieses war eben so wenig der Fall, als die Temperatur so weit gesteigert wurde, dafs der Phosphor zu sieden und in die zweite Kugel überzudestilliren anfing. Er sammelte sich in derselben als eine fast wasserhelle, nur etwas gelbliche, das Licht stark zerstreuende Flüssigkeit, während der rothe Antheil in der ersten Kugel zurückblieb. Ich behandelte nun den Phosphor in der zweiten Kugel *d* auf gleiche Art, indem ich denselben zuerst roth werden liefs und dann den ungeändert geblie-

benen Theil in die Kugel *e* überdestillirte. Die gleiche Behandlung erfuhr derselbe auch noch in der Kugel *e*, so dafs zuletzt die Kugeln *c*, *d* und *e* nur rothen Phosphor enthielten, während der ungeändert gebliebene sich in der letzten Kugel befand. Nun ging ich wieder zur ersten Kugel *c* zurück und erhitzte dieselbe abermals; als die Temperatur hinreichend gesteigert war, fing plötzlich auch der rothe Phosphor an zu verschwinden und setzte sich, ohne eine Spur zurückzulassen, in dem kälteren Theile der Röhre in eben so reinen Tropfen wie der gewöhnliche Phosphor an. Auf gleiche Weise verfuhr ich auch mit den anderen Kugeln, so dafs zuletzt aller Phosphor wieder in seinem gewöhnlichen Zustande in der letzten Kugel enthalten war. Hierbei hatte sich der Stand des Quecksilbers nicht weiter verändert, als insofern diefs durch abwechselnde Erhöhung und Erniedrigung der Temperatur bedingt wurde. Es war also auf diese Weise der Phosphor in einer vollkommen indifferenten Atmosphäre aus der gewöhnlichen in die rothe und aus dieser wieder in die gewöhnliche Modification wiederholt übergeführt worden, und es ist einleuchtend, dafs dieser Versuch, bei einer gröfseren Anzahl von Kugeln, noch beliebig oft hätte wiederholt werden können, so dafs endlich der ganze Phosphor in die rothe Modification umgewandelt worden wäre.

Auf dieselbe Art und mit ganz gleichem Erfolge wurde die Umwandlung des Phosphors auch in Wasserstoffgas und Stickgas bewerkstelligt, welche beide mit der scrupulösesten Sorgfalt gereinigt und getrocknet waren. Der Versuch mit Stickgas wird übrigens am einfachsten angestellt, wenn man sich, statt wie oben beschrieben wurde, einer Retorte, nur einer einzigen Röhre bedient, welche an ihrem horizontalen, etwa 16 Zoll langen Schenkel mit 4 bis 6 Kugeln versehen ist. In die erste, am Ende der Röhre befindliche Kugel kommt der umzuwandelnde möglichst gut getrocknete Phosphor, und dann erst wird die Röhre hinter der letzten Kugel im rechten Winkel gebogen. Man erhitzt nun, während der etwa 28 Zoll lange Schenkel in Quecksilber taucht,

die Kugel mit dem Phosphor, dieser entzündet sich und verzehrt so allen in der Röhre befindlichen Sauerstoff. Erhitzt man nun stärker, so destillirt der Phosphor in die zweite Kugel über, wo man dann weiter auf die oben angegebene Art verfährt.

Zuletzt gelang es mir sogar, die Umwandlung in einer an beiden Enden zugeschmolzenen mit Wasserstoffgas gefüllten Glasröhre zu bewirken. Der Phosphor wurde zuerst in einer etwas starken Glasröhre, wie Fig. 5 Taf II., in einem Wasserstoffgasstrom getrocknet, und diese dann von dem Apparate und zuletzt von der mit Quecksilber abgesperrten Röhre abgeschmolzen, Der Phosphor war nun in einer etwa 12 Zoll langen, an beiden Enden zugeschmolzenen Glasröhre eingeschlossen und daselbst von einer verdünnten Wasserstoffgas-Atmosphäre umgeben. Gehörig erwärmt, wurde derselbe in die rothe Modification übergeführt; stärker erhitzt gerieth er ins Sieden und sammelte sich im anderen Ende der Röhre, welche bei dem Versuche so gehalten werden muſs, daſs die beiden schiefen Schenkel nach abwärts geneigt sind, wieder als gewöhnlicher Phosphor in durchsichtigen Tropfen an.

Auf diese Weise wird die Ueberführung des Phosphors aus einer Modification in die andere ein Collegien-Versuch, und es ist mir kein Fall bekannt, wo das Vorhandenseyn verschiedener allotropischer Zustände auffallender und bestimmter den Augen der Schüler vorgeführt werden könnte, als eben dieser. Hierzu am geeignetsten ist indeſs der oben beschriebene Versuch mit der Kugelröhre, wo der Phosphor sich in einer Stickstoff-Atmosphäre befindet, da er ganz ohne Gefahr ist.

Ich kann hier eine Thatsache nicht unerwähnt lassen, welche ich bei Anstellung der obigen Versuche mehrmals zu beobachten die Gelegenheit hatte. Der aus einer Kugel in die andere öfter überdestillirte Phosphor, welcher fast ganz wasserhell erscheint und das Licht beträchtlich stark zerstreut, bleibt nämlich ungewöhnlich lange flüssig, und zwar auch wenn derselbe durch Klopfen an die Röhre

stark erschüttert wird. Ich hatte einen solchen, der durch 36 Tage, bei einer Temperatur, welche während dieser Zeit mehrmals bis auf — 5° C. sank, noch vollkommen flüssig war, und erst erstarrte, als er durch die Einwirkung des zerstreuten Lichtes, welches ihn entfernt vom Fenster traf, anfing roth zu werden. Der Phosphor besitzt also die Fähigkeit, bei geeigneten Umständen weit unter seinem Erstarrungspunkte flüssig zu bleiben, in einem höheren Grade als irgend ein anderer Körper, und es verdient sehr untersucht zu werden, welche physikalischen Eigenschaften derselbe in diesem Zustande hat und welche Erscheinungen den Uebergang desselben in den gewöhnlichen, das ist den krystallinischen Zustand, begleiten.

Als der Versuch mit der an beiden Enden zugeschmolzenen Röhre angestellt wurde, in welcher der Phosphor beim Erhitzen dem Drucke seiner eigenen und der Wasserstoffgas-Atmosphäre ausgesetzt war, schien es mir, dafs die Umwandlung desselben langsamer erfolge, als bei den oben beschriebenen Versuchen in der Kugelröhre. Um zu sehen, ob eine Veränderung des Druckes wirklich von Einflufs auf die Erscheinung sey, brachte ich den Phosphor in eine T förmige Röhre, in deren horizontalen Theil mehrere Kugeln angebracht waren, und der einerseits mit dem Gasentwicklungs-Apparate, andererseits mit einer Hand-Luftpumpe in Verbindung stand, während der verticale, über 30 Zoll lange Schenkel in Quecksilber tauchte. Die erste Kugel enthielt den Phosphor, der vor dem Auspumpen des Apparates auf die oben angegebene Art durch den hineingeleiteten Strom eines indifferenten Gases zuerst getrocknet, und dann die Röhre sowohl von dem Gasentwicklungs-Apparate als von der Luftpumpe abgeschmolzen wurde. In dem verticalen Schenkel war das Quecksilber bis auf 27 Zoll gestiegen, der Phosphor befand sich also unter einem Drucke, der nur ungefähr $\frac{1}{28}$ des gewöhnlichen betrug. Er wurde nun erhitzt, um in die rothe Modification übergeführt zu werden; allein dieſs war unter den gegebenen Umständen nicht zu erreichen. Der Phos-

phor blieb, auch wenn er mehr als zehnmal so lange erhitzt wurde, als unter gewöhnlichem Drucke hinreichend gewesen wäre um roth zu werden, immer vollkommen klar. Die Ursache dieses auf den ersten Blick auffallenden Verhaltens konnte, wie es mir schien, nur in dem Umstande liegen, dafs bei einem so stark verminderten Drucke der Phosphor schon früher überdestillirt, als er die zur Umwandlung in die andere Modification nothwendige Temperatur erreicht hat. Um mich von der Richtigkeit dieser Ansicht zu überzeugen, stellte ich die beiden folgenden Versuche an.

Eine mit drei Kugeln versehene Röhre wurde mit einer rechtwinklich gebogenen Röhre verbunden, deren horizontaler, etwa 12 Zoll langer Schenkel Chlorcalcium enthielt; der verticale, ungefähr 30 Zoll lange und etwa 5 Linien weite, tauchte in Quecksilber. Nachdem in die dem Ende der Röhre zunächst liegende Kugel etwas Phosphor gebracht war, verdrängte ich aus derselben die atmosphärische Luft, unter Beobachtung der oben angegebenen Vorsichten, durch Kohlensäure, und schmelzte dann die Röhre von dem Gasentwicklungs-Apparate ab. Nun liefs ich etwas concentrirte Kalilauge in dieselbe treten, diese absorbirte sogleich die Kohlensäure, und das Quecksilber stieg bis zu einer Höhe von 740^{mm} empor, während der Barometerstand 753^{mm} betrug, so dafs der Phosphor beiläufig einem Drucke von nur $\frac{1}{38}$ des vorherigen ausgesetzt war. Derselbe konnte nun, ganz in Uebereinstimmung mit dem vorigen Versuche, auf keine Weise durch Erwärmen in die rothe Modification übergeführt werden. Als ich etwas verdünnte Schwefelsäure zu dem Kali treten liefs, entwickelte sich die vorher absorbirte Kohlensäure wieder, das Quecksilber sank bis nahe zum ursprünglichen Niveau zurück, und nun war es leicht den Phosphor in die rothe Modification überzuführen. Da die Einrichtung des Apparates jede fremdartige Einwirkung vollkommen ausschlofs und sich nichts als der Druck auf dem Phosphor geändert hatte, dieser aber nur auf den Siedepunkt desselben einen Einflufs ausüben konnte,

so war es nur noch nothwendig diesen Einfluſs durch einen directen Versuch zu erweisen, um über die Richtigkeit der obigen Erklärung keinen Zweifel zu lassen. Ich brachte zu diesem Behufe Phosphor in eine tubulirte Retorte, in deren Hals eine T-förmige Röhre angebracht war, deren verticaler, über 30 Zoll lange Schenkel in Quecksilber tauchte. Der horizontale Theil war mit der Luftpumpe und diese wieder mit einer Röhre in Verbindung, die zuerst zweifach kohlensaures Natron, dann eine Schicht Chlorcalcium enthielt. Das in dem Tubulus der Retorte eingepaſste Thermometer reichte bis in den Phosphor. Es war so die Möglichkeit gegeben, den Apparat zuerst mit trockener Kohlensäure zu füllen, dann alle Feuchtigkeit zu entfernen, und endlich die Temperatur sowohl als den Druck, bei welchem das Sieden eintrat, beobachten zu können. Der Apparat wurde nun ausgepumpt, das Barometer stieg bis 746^{mm}, während der äuſsere Barometerstand 754^{mm} betrug. Es ergaben sich folgende Resultate:

Druck in Millimetern.	Entsprechender Siedepunkt.
120	165°.
173	170°
204	180°
266	200°
339	209°
359	219°
393	226°
514	230°.

Es lag für jetzt nicht in meiner Absicht, diesen numerischen Resultaten jenen Grad von Genauigkeit zu geben, welchen sie haben müſsten, um daraus den Zusammenhang zwischen der Expansivkraft und der Temperatur der Phosphordämpfe abzuleiten, sondern nur zu zeigen, daſs bei einem Drucke, welcher geringer als 393^{mm} ist, der Uebergang des Phosphors in den amorphen Zustand durch Erwärmung nicht stattfinden kann, weil dann die Temperatur, bei welcher er siedet, unter 226° liegt, diese aber min-

destens nothwendig ist, wenn die gedachte Umwandlung vor sich gehen soll. Es wäre allerdings von Interesse zu sehen, wie der Phosphor sich beim Erwärmen unter einem bedeutend stärkeren Drucke verhalte; da derlei Versuche aber nicht ohne Gefahr sind und mir hierzu die Gelegenheit mangelt, so unterliefs ich dieselben.

Aus den angeführten Thatsachen geht nun mit aller Sicherheit hervor, dafs die Umänderung des Phosphors, welche er sowohl durch das Licht als durch die Wärme erleidet, nicht dadurch bedingt seyn kann, dafs sich derselbe mit Sauerstoff oder irgend einem anderen Körper verbindet, sondern dafs sie unter jene merkwürdigen Molecularveränderungen gehört, welche auch die verschiedenen isomerischen Zustände der zusammengesetzten Körper bedingen und die wir, wenn sie an Grundstoffen vorkommen, nach Berzelius, allotropische nennen. Es ist merkwürdig, dafs der Kohlenstoff ein ganz ähnliches Verhalten zeigt. Wird nämlich der Demant eine Zeit lang stark erhitzt, so wird er ganz schwarz und undurchsichtig, was nur von einem Uebergange in den amorphen herrühren kann. Diese Thatsache ist öfter beobachtet worden und zeigt sich besonders auffallend an einem geschliffenen Demanten, welchen das kaiserliche Mineralien-Kabinet besitzt und der diese Modification ebenfalls durch starkes Erhitzen erlitten hat. Es ist kaum zu bezweifeln, dafs auch bei anderen Grundstoffen ein ähnliches Verhalten stattfinde, ein Gegenstand, auf welchen ich bei einer anderen Gelegenheit zurückkommen werde.

Um den amorphen Phosphor zu isoliren, versuchte ich zuerst den ungeändert gebliebenen Antheil durch Destillation von dem geänderten zu trennen. Diefs läfst sich zwar allerdings bewerkstelligen, allein der amorphe Phosphor bleibt dann in Krusten an dem Glase hängen, die schwer davon zu trennen sind; auch verliert man einen Theil desselben wieder, wenn man die Temperatur so hoch steigert, als zum Abdestilliren des gewöhnlichen nothwendig ist, weil die Temperatur, bei welcher der Phosphor überdestillirt, nahe bei der liegt, bei welcher derselbe aus dem amorphen

in

in den gewöhnlichen Zustand übergeht. Weit zweckmäfsiger ist es daher Kohlensulfid hierzu anzuwenden, welches merkwürdiger Weise den amorphen Phosphor gar nicht löst, während es doch ein so vortreffliches Lösungsmittel für den gewöhnlichen ist [1]). Uebergiefst man daher den unter Wasser befindlichen rothgewordenen Phosphor mit Kohlensulfid, so bleibt der amorphe Antheil desselben, wenn die Umwandlung bei möglichst niedriger Temperatur vor sich ging und die Einwirkung der Wärme überhaupt nicht zu lange gedauert hatte, in Form eines zarten, rothen Pulvers ungelöst. Im entgegengesetzten Falle erhält man sehr harte, spröde Stücke, welche zuerst unter Wasser zu einem feinen Pulver gerieben und dann mit Kohlensulfid behandelt werden müssen. Man trennt den amorphen Phosphor durch Filtration von der übrigen Flüssigkeit, mufs aber dabei die Vorsicht beobachten, das Filter stets voll Flüssigkeit zu erhalten, weil, wenn ein Theil desselben auch nur kurze Zeit mit Luft in Berührung ist, das Kohlensulfid verdunstet und der darin gelöste, in fein zertheiltem Zustande zurückbleibende, gewöhnliche Phosphor sich entzündet. Man beugt diesem Uebelstande vor, wenn man das Auswaschen mit Kohlensulfid ununterbrochen so lange fortsetzt, bis das Filtrat, auf dem Platinblech verdunstet, keinen Phosphor zurückläfst. Um den amorphen Phosphor vollkommen zu reinigen, kocht man ihn mit Kalilauge von 1,30 und wäscht ihn zuerst mit reinem Wasser, dann mit solchem, dem etwas Salpetersäure zugesetzt ist, und endlich wieder mit reinem vollständig aus. Das Kochen mit Kalilauge kann auch wegbleiben, wenn man hinreichend lang mit Kohlensulfid ausgewaschen und dieses dann durch starkes Erwärmen des amorphen Phosphors in einer indif-

1) Dieses Verhalten des Kohlensulfides hatte ich zuerst, nämlich schon im Sommer des Jahres 1845, an einem durch das Licht gerötheten Phosphor, der sich im Laboratorium fand, beobachtet, und da ich darin ein so leichtes Mittel sah, den rothen Körper von dem übrigen Phosphor zu trennen, so wurde es gewissermafsen der Ausgangspunkt der vorliegenden Arbeit.

ferenten Gasart, am besten in Kohlensäure, entfernt hat. Die so erhaltene Modification des Phosphors erscheint, wie schon oben bemerkt wurde, nach dem Trocknen als ein vollkommen glanzloses, amorphes Pulver, dessen Farbe vom Scharlachrothen bis ins Dunkelcarmoisinrothe wechselt, und wie später gezeigt werden wird, sogar ins Dunkelbraune und Bräunlichschwarze übergehen kann. Dieselbe nimmt, wenn das Pulver von einer Flüssigkeit bedeckt ist, an Feuer bedeutend zu; wird es aber auf weifses Papier gerieben, so zeigt es eine ins Braunrothe gehende matte Farbe. Beim jedesmaligen Erwärmen erscheint die Farbe dunkelviolett. Die Dichte des amorphen Phosphors habe ich mit dem Piknometer bestimmt und bei 10° C. gleich 1,964 gefunden. Da es indefs kaum möglich ist, die Dichte eines so feinen, vom Wasser nur schwer benetzbaren Körpers auf diese Weise genau zu erhalten, so habe ich noch gesucht, auf eine andere Art einen Anhaltspunkt zur Beurtheilung der Richtigkeit dieser Zahlen zu finden. Diese lag in dem Umstande, dafs der amorphe Phosphor in geschmolzenem untersinkt, also dichter ist als dieser. Bringt man nämlich den durch Erhitzen rothgewordenen Phosphor, der, wie wir gesehen haben, ein Gemenge von amorphem und gewöhnlichem Phosphor ist, in eine Proberöhre, und stellt diese in ein anderes gröfseres Gefäfs mit warmem Wasser, so setzt sich nach und nach der gröfste Theil des amorphen Phosphors zu Boden, während die oberen Schichten, obwohl sie noch roth erscheinen, doch nach und nach durchsichtig werden, und nur wenig amorphen Phosphor mehr enthalten. Ich bestimmte nun die Dichte des eben schmelzenden Phosphors gleichfalls mit dem Piknometer, und fand sie bei 45° C. [1]) annähernd 1,88, also in jedem Falle klei-

1) Der Schmelzpunkt des Phosphors liegt nach den Bestimmungen, die ich schon vor längerer Zeit gemacht habe, genau bei 44,3° C. Erst viel später wurden die schönen Versuche von E. Desains (*Compt. rend. XXIII.* 149 oder auch *pag.* 91 *No.* 70,315) bekannt, nach welchen der Schmelzpunkt bei 44,2° C liegt. (Ann. Bd. 70, S. 305.) J. Davy giebt denselben zu 44,5° an. Man kann also wohl die Angabe von Heinrich, nämlich 46,25°, als zu hoch annehmen.

ner als die direct bestimmte Dichte des amorphen. Bei diesen Bestimmungen wurde das Gewicht des Phosphors in festem Zustande bei halbgefülltem Piknometer und dann das Gewicht des festen und geschmolzenen Phosphors bei ganz gefülltem Piknometer bestimmt; es waren also auch die Daten für die Dichtenbestimmungen des festen Phosphors gegeben. Ich fand dieselbe bei 10° C. zwischen 1,840 und 1,826 liegend, was zwar mit der Angabe von Böckmann nahe zusammenfällt, aber um ein Beträchtliches von der Dichte, welche Böttger gefunden hat, nämlich 2,089 bei 17° C., abweicht.

Der amorphe Phosphor bleibt an der Luft vollkommen ungeändert, ist in Kohlensulfid, Alkohol, Aether, Naphta, Phosphorchlorür unlöslich; Terpentinöl und überhaupt alle Körper, welche erst bei höherer Temperatur sieden, nehmen während desselben etwas davon auf. Ich habe aber bisher keine Substanz gefunden, welche denselben beim Erwärmen löst, und aus der er sich beim Erkalten wieder unverändert, nämlich in amorphem Zustande, abscheidet.

Erhitzt man den amorphen Phosphor in einer im Oelbade befindlichen Kugelröhre, während vorher so lange trockene Kohlensäure durch dieselbe geleitet wurde, bis alle atmosphärische Luft daraus verdrängt war, so beginnt die Umwandlung desselben in den gewöhnlichen Phosphor erst bei 260° C.; leitet man, während derselbe successiv erhitzt wird, atmosphärische Luft durch den Apparat, so erfolgt die Entzündung auch erst nahe bei der Temperatur, bei welcher derselbe in den gewöhnlichen Phosphor übergeht. Merkwürdig ist es, dafs bei Anwendung von Sauerstoffgas die Entzündung auch erst bei 260° eintritt und die Temperatur bis 300° gesteigert werden mufs, wenn die Verbrennung vollständig seyn soll, indem ein Theil desselben durch die sich bildende Phosphorsäure vor der Einwirkung des Sauerstoffs geschützt wird.

Im Finstern leuchtet der amorphe Phosphor bei gewöhnlicher Temperatur gar nicht, erhitzt man denselben aber bis nahe zu der Temperatur, wo er sich entzündet,

so beginnt er schwach zu leuchten. Läfst man ihn jedoch, wenn er zu leuchten begonnen hat, erkalten, so hört er jedesmal wieder zu leuchten auf.

Mit dem Schwefel verbindet sich der amorphe Phosphor bei der Temperatur, bei welcher der Schwefel schmilzt und noch gelb und dünnflüssig ist, also bei 112°, nicht, sondern bleibt in der Flüssigkeit gleichmäfsig vertheilt. Erhitzt man hingegen den Schwefel bis zum Zähewerden, also ungefähr bis 230°, so löst sich der Phosphor darin ohne irgend eine auffallende Erscheinung, und nach dem Erkalten ist der Schwefel, bei einer geringen Menge von Phosphor, wieder gelb wie zuvor.

Chlorgas wirkt auf den amorphen Phosphor schon bei gewöhnlicher Temperatur und giebt damit zwar unter Erhitzung, aber, was sehr merkwürdig ist, *ohne alle Lichterscheinung* zuerst Phosphorchlorür, dann Phosphorchlorid; hierbei bleibt, wenn aller Sauerstoff und alle Feuchtigkeit abgehalten worden, weder eine Spur irgend eines Körpers zurück, noch wird das Glas im mindesten angegriffen. Nur wenn man den Phosphor erhitzt, tritt bei Einwirkung des Chlors die Lichterscheinung ein, die Temperatur ist aber dann so hoch, dafs der Uebergang in den gewöhnlichen Phosphor stattfindet. Hört man zu erhitzen auf, so verlischt der Phosphor wieder: man sieht also, dafs nur dann Feuererscheinung eintritt, wenn sich gewöhnlicher Phosphor mit Chlor in Berührung findet. Ein ähnliches, so abweichendes Verhalten in den verschiedenen Modificationen wurde, so viel mir bekannt ist, noch bei keinem Grundstoffe und selbst nur bei wenigen zusammengesetzten Körpern beobachtet. Es verdient daher alle Aufmerksamkeit, zumal da hiermit wohl die beim Erhitzen gewisser Oxyde eintretende Feuererscheinung, so wie die von H. Rose beim Uebergang mehrerer amorpher Körper in den krystallisirten Zustand, wie bei der Arsensäure, eintretende Lichterscheinung im Zusammenhange stehen mögen.

In Chlorwasser löst sich der amorphe Phosphor unter Bildung von Phosphorsäure und Hydrochlor schneller als

der gewöhnliche, und diefs gewifs nur, weil er als pulveriger Körper dem Chlor mehr Berührungspunkte darbietet.

Chlorsaures Kali verpufft in einer auch sehr glatten Reibschale, mit demselben mäfsig zusammengerieben, mit grofser Heftigkeit und beträchtlicher Lichterscheinung. Werden beide Körper zusammen erwärmt, so erfolgt die Verpuffung weit weniger heftig und erst bei der Temperatur, bei welcher das Salz zu schmelzen beginnt.

Läfst man, wie bei dem bekannten Versuche mit gewöhnlichem Phosphor, concentrirte Schwefelsäure auf unter Wasser befindliches chlorsaures Kali wirken, das mit amorphem Phosphor bedeckt ist, so erfolgt eine heftige Reaction, der Phosphor wird gelöst, aber auch hier ohne alle Feuererscheinung.

Brom und amorpher Phosphor verbinden sich schon bei gewöhnlicher Temperatur, wenn man sie in eine Proberöhre zusammenbringt, unter lebhafter Feuererscheinung. Hierbei entsteht, wie es scheint, je nach der Menge des Broms, ein Bromür oder ein Bromid, welche ich bei einer anderen Gelegenheit näher beschreiben werde.

Jod wirkt bei gewöhnlicher Temperatur nicht auf den amorphen Phosphor. Läfst man aber beide Körper in einer Kugelröhre, die mit einem indifferenten Gase gefüllt ist, auf einander wirken, während man sie zugleich erwärmt, so verbinden sie sich unter Schmelzen der Masse, und zwar ohne alle Lichterscheinung, zu zwei Verbindungen, einem pomeranzengelben Jodid und einem minder flüchtigen, scharlachrothen, krystallisirten Jodür, die ich ebenfalls für sich beschreiben werde. Diese Verbindungen scheinen nur mit amorphen Phosphor auf directem Wege gebildet werden zu können. Ich habe indefs noch nicht untersucht, ob nicht das Jodür, welches Cauvy durch Auflösen von Phosphor und Jod in Phosphorchlorür dargestellt hat, mit den von mir erhaltenen rothen Krystallen zusammenfällt. Kalium und Natrium verhalten sich gegen den amorphen Phosphor wie gegen den gewöhnlichen, nur ist, um die Vereinigung

mit demselben zu bewirken, eine höhere Temperatur nothwendig.

Kalilauge löst den amorphen Phosphor beim Kochen, unter Entwickelung von nicht selbst entzündlichem Phosphor-Wasserstoffgase um so leichter, je concentrirter sie ist. Dabei erleidet insbesondere der fein vertheilte, amorphe Phosphor eine sehr auffallende Aenderung in seiner Farbe. Er wird nämlich so dunkel chocoladenbraun, dafs er fast ganz schwarz zu seyn scheint. Diese Veränderung tritt bei sehr concentrirter Lauge schon bei gewöhnlicher Temperatur, aber erst nach 24 Stunden ein; bei verdünnter Lauge ist hierzu längeres Kochen nothwendig; auch erleidet der amorphe Phosphor die Veränderung um so schwerer, je weniger fein er vertheilt ist. Mischt man den so erhaltenen, fast schwarzen amorphen Phosphor, der sich übrigens, so weit ich bis jetzt sehen konnte, nicht wesentlich von dem rothen unterscheidet, zu gewöhnlichem geschmolzenen Phosphor, so kann man fast schwarze Stangen von Phosphor erhalten, die denen, welche Thénard durch schnelles Abkühlen des lange erhitzten Phosphors bekam, und die ich bei Dumas zu sehen Gelegenheit hatte, ähnlich sind. Ich mufs indefs gestehen, dafs es mir auf keine Weise gelungen ist, lange und stark erhitzten Phosphor durch rasches Abkühlen von schwarzer Farbe zu erhalten, und zwar selbst dann nicht, als ich ihn in Kohlensäurebrei brachte. Ich halte es für sehr wahrscheinlich, dafs sich bei den Versuchen von Thénard amorpher Phosphor bildete, der unter Umständen, die bisher nicht näher ausgemittelt sind, seine dunkelste Farben-Nuance angenommen, und sich dem gewöhnlichen Phosphor beigemengt hatte, wodurch die ganze Masse desselben schwarz erschien. Die Chemiker, welche im Besitze von Thénard'schem schwarzen Phosphor sind, können jetzt die Frage durch Behandeln desselben mit Kohlensulfid leicht lösen.

Schwefelsäure wirkt auch im concentrirten Zustande auf den amorphen Phosphor nicht; wird aber die concentrirte Säure bis nahe zum Siedepunkte erhitzt, so löst sie den-

selben, unter Entwicklung von schwefliger Säure, vollständig.

Salpetersäure oxydirt denselben, unter Aufschäumen und lebhafter Entwicklung rother Dämpfe, leichter als gewöhnlichen Phosphor; hauptsächlich wohl nur, weil der amorphe Phosphor derselben ungleich mehr Berührungspunkte darbietet, als der geschmolzene.

Mit Salpeter erfolgt beim Zusammenreiben keine Reaction; beim Erwärmen hingegen brennt das Gemenge ohne Geräusch ab.

Chromsäure wirkt in gelöstem Zustande nicht auf den amorphen Phosphor, wenn sie auch noch so concentrirt, anhaltend damit gekocht wird. Reibt man aber Chromsäure mit dem amorphen Phosphor zusammen, so erfolgt die Oxydation desselben unter lebhafter Feuer-Erscheinung, jedoch ohne heftige Verpuffung. Wird hingegen das Gemenge beider Körper bis nahe zu der Temperatur erwärmt, wo der rothe Phosphor in den gewöhnlichen übergeht, so erfolgt die Reaction mit noch gröfserer Heftigkeit.

Zweifach chromsaures Kali in trockenem Zustande mit dem amorphen Phosphor zusammengerieben brennt ohne Geräusch ab, beim Erwärmen geschieht dasselbe. Mit der Lösung des Salzes gekocht, findet keine Veränderung des amorphen Phosphors statt, auch dann nicht, wenn Schwefelsäure zugesetzt wurde. Kocht man aber den mit amorphem Phosphor gemengten gewöhnlichen Phosphor anhaltend mit einer Lösung von zweifach chromsauren Kali, der etwas Schwefelsäure zugesetzt wurde, so wird der im gewöhnlichen Zustande gebliebene Phosphor wieder wasserhell, während die darüberstehende saure Flüssigkeit grünlich und durch einen scharlachrothen Körper getrübt erscheint. Dieser Körper ist nichts als höchst fein vertheilter amorpher Phosphor, der sich nur durch die Farbe und jene Eigenschaften, welche durch die feine Vertheilung bedingt werden, von dem durch Kohlensulfid abgesonderten unterscheidet. Bringt man die Flüssigkeit aufs Filter, so

geht anfangs alles durch; erst nach wiederholtem Aufgiefsen derselben gelingt es, den rothen Körper, der sich dann leicht auswaschen läfst, zu erhalten. Die Ursache der Einwirkung der sauren Flüssigkeit auf das Gemenge der beiden Phosphor-Arten liegt wohl grofsentheils in den verschiedenen Adhäsions-Verhältnissen beider Körper gegen die Flüssigkeit, indem der amorphe Phosphor leichter von derselben benetzt wird, als dieſs bei dem gewöhnlichen der Fall ist. Die hierbei stattfindende Desoxydation der Chromsäure, welche sich jedoch nur auf einen kleinen Theil derselben erstreckt, geschieht aber, wie es scheint, unter diesen Umständen auf Kosten des amorphen Phosphors.

Mangansuperoxyd entzündet sich beim Reiben mit dem amorphen Phosphor nicht; beim Erwärmen verbrennt das Gemenge rasch und mit lebhaftem Lichte, aber ohne Geräusch.

Bleioxyd, aus dem Hydrate durch schwaches Erhitzen erhalten, verbrennt sowohl beim Zusammenreiben als beim Erhitzen nur mit geringem Geräusche. Bei Anwendung von Glätte ist in beiden Fällen die Verbrennung langsamer. Mit Mennige erfolgt sie hingegen sowohl beim Reiben als beim Erwärmen leicht und ohne alles Geräusch.

Mit Bleisuperoxyd zusammengerieben findet Feuer-Erscheinung mit schwacher Verpuffung statt; beim Erwärmen des Gemenges hingegen ist die Explosion sehr heftig.

Silberoxyd brennt beim Zusammenreiben ohne Geräusch rasch ab, beim Erwärmen ebenso.

Kupferoxyd wirkt beim Reiben nicht auf den amorphen Phosphor; beim Erhitzen brennt er rasch aber ohne Knall ab.

Mit Quecksilberoxyd erfolgt die Verbrennung ohne Geräusch, und zwar nur an den unmittelbar getroffenen Stellen; beim Erwärmen tritt plötzliche Verbrennung, aber ebenfalls ohne Geräusch ein.

Mit Zucker oder anderen ähnlichen organischen Substanzen läfst sich der amorphe Phosphor, ohne eine merk-

liche Veränderung zu erleiden, in allen Verhältnissen, und ohne dafs es nöthig wäre dabei irgend eine Vorsicht zu beobachten, zusammenreiben, ein Umstand, der vielleicht in medicinischer Hinsicht Aufmerksamkeit verdient.

Der amorphe Phosphor fällt weder das Kupfer noch andere Metalle aus ihren Lösungen metallisch, sondern verhält sich gegen dieselben ganz indifferent.

Das hier angeführte Verhalten des amorphen Phosphors reicht hin, denselben vollkommen zu charakterisiren, obwohl es weit entfernt ist, alle seine Beziehungen genügend darzustellen. Es geht daraus hervor, dafs derselbe

1) im Ganzen weit indifferenter als der gewöhnliche Phosphor auftritt;
2) dafs er als solcher unlöslich ist, und
3) dafs ihm als solchen die Fähigkeit, sich mit anderen Körpern unter Lichtentwicklung zu verbinden, in einem weit geringeren Grade zukommt als dem gewöhnlichen Phosphor;
4) endlich, dafs er sehr vielen Sauerstoffverbindungen sowohl beim Erwärmen als auch schon beim Zusammenreiben oder durch einen Stofs unter Feuer-Erscheinung den Sauerstoff entzieht.

Von praktischem Interesse dürfte das eben angegebene Verhalten des amorphen Phosphors gegen einige Oxyde, vorzüglich gegen die Mennige seyn, indem er dadurch mit gröfstem Vortheile zum Verfertigen sowohl von Streichzündhölzchen als von Zündern für Gewehre und Geschütze etc. gebraucht werden kann. Hierbei wären alle bisherigen Mängel der Zünd-Präparate dieser Art, wie Anziehen von Feuchtigkeit, schädlicher Einfluſs auf die Gesundheit der Arbeiter, Gefahr beim Transporte etc. wegen der Indifferenz des amorphen Phosphors vollständig beseitigt. Das einzige Hindernifs, welches dieser wichtigen Anwendung noch entgegensteht, ist der Mangel einer leicht im Grofsen ausführbaren Methode, den amorphen Phosphor zu bereiten. Liefse sich der Apparat so einrichten, dafs man den Phosphor, während er erwärmt wird, beständig umrühren könnte, um

zu verhindern, dafs er in feste Krusten zusammenbackt, so wäre dieses Hindernifs eigentlich schon beseitigt, denn alles andere hat keine Schwierigkeit, zumal da ich bei einem Versuche mit ungefähr 18 Loth Phosphor, nach fünfzigstündigem Erhitzen 12 Loth amorphen Phosphor erhielt, welche Ausbeute bei derselben Dauer des Versuches in einem gröfseren Verhältnisse zunehmen würde, als die Menge des angewendeten Phosphors.

Schliefslich will ich hier nur noch anführen, dafs wohl manche Körper, die sich jetzt in den Händen der Chemiker als Phosphor-Oxyd befinden, nichts als amorpher Phosphor sind. Auch halte ich die Substanz, welche Berzelius in Bd. I, S. 300 seines Lehrbuches, als Phosphorkohlenstoff erwähnt, für nichts als ein Gemenge von Kohle mit amorphem Phosphor, dessen Bildung unter den bei der Bereitung des Phosphors stattfindenden Umständen leicht erklärlich ist.

Ich werde der Academie, sobald es mir die Umstände erlauben, die Resultate der Versuche vorlegen, welche sowohl zur Ausfüllung der Lücken in der vorliegenden Arbeit, als zur Beantwortung der Frage dienen sollen, ob nicht noch andere Grundstoffe, insbesondere Schwefel, Selen, Arsen, Tellur und Jod auf eine ähnliche Art modificirt werden können wie der Phosphor.

IX. *Weiterer Beitrag zur Kenntnifs der Natur des amorphen Phosphors; von A. Schrötter.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus d. Denkschrift d. math. phys. Kl. der K. Acad. d. Wiss. zu Wien. Bd. II.)

In meiner den amorphen Zustand des Phosphors betreffenden Abhandlung [1]) habe ich sowohl die Umstände, unter welchen der gewöhnliche, das ist krystallisirte Phosphor in den amorphen übergeht, als auch die physikalischen Eigenschaften und das so merkwürdige Verhalten des letzteren gegen andere Körper angegeben. Die grofse Aehnlichkeit des amorphen Phosphors mit der als Phosphoroxyd bekannten Verbindung einerseits, so wie die auffallende Verschiedenheit in den Eigenschaften und dem Verhalten beider Modificationen, die in einem solchen Grade bisher noch bei keinem anderen Grundstoffe beobachtet wurden anderseits, riefen Zweifel gegen die Richtigkeit meiner Beobachtungen und Schlüsse hervor, Zweifel, die mich um so weniger Wunder nehmen, als ich selbst meine eigenen Beobachtungen so lange mit grofsem Mifstrauen betrachtete, bis ich durch die unzweideutigsten Thatsachen zu dem Ausspruche genöthigt wurde, dafs der von mir erhaltene Körper keine neue Verbindung des Phosphors irgend einer Art sey, sondern dafs ich es nur mit Phosphor, jedoch in einer anderen Modification, zu thun hatte. Dumas war der erste, welcher die Richtigkeit meiner Versuche und der daraus gezogenen Schlüsse in der Sitzung der *Académie des sciences* vom 23. Oct. 1848 [2]) und in seinen Vorlesungen an der Sorbonne anerkannte. Auch in Liebig's

1) Ueber einen neuen allotropischen Zustand des Phosphors. Denkschriften d. k. Academie der Wissenschaften in Wien. I. Bd. S. 1. 1848. Auch in den *Annales de Chimie et de Physique* 3me *Sér.* 24, 106; (Es ist die im Vorhergehenden mitgetheilte Abhandlung. P.)

2) *Comptes rendus T.* 27, *p.* 427.

Laboratorium wurden meine Versuche zur selben Zeit wiederholt und übereinstimmende Resultate erhalten. In England, wo meine Arbeit kurz vor meiner Ankunft bekannt geworden, hatte ich Gelegenheit, den HH. Faraday, Graham, Hofmann, Müller, Percy etc. die Versuche zu zeigen, so dafs jetzt, wo dieser Körper hoffentlich bald ein gewöhnlicher Handelsartikel werden wird, wohl Niemand mehr an der Richtigkeit der Sache zweifeln kann.

Bisher war es mir aber nicht gelungen, die zweite Modification des Phosphors in einer anderen Form, als in der eines mehr oder minder zarten und dann auch beziehungsweise lichter oder dunkler roth gefärbten Pulvers zu erhalten. Bei den vielen Abänderungen, welchen ich das Verfahren der Darstellung dieses Körpers unterwarf, erhielt ich zuweilen, wie schon in meiner ersten Arbeit angeführt wurde, spröde Krusten, die jedoch im übrigen Aussehen nicht von dem pulverigen Phosphor verschieden, nur an den Stellen, an welchen dieselben mit dem Glase in Berührung waren, stärkeren Glasglanz zeigten, eine Erscheinung, die offenbar eben durch diese Berührung bedingt und daher für die Natur des amorphen Phosphors von keiner Bedeutung war. Die Thatsache jedoch, dafs diese Krusten viel dunkler gefärbt erschienen als der pulverige Phosphor, bestimmte mich bei einigen Versuchen gerade auf die Darstellung dieser Krusten hinzuarbeiten. Ich setzte zu diesem Behufe gewöhnlichen Phosphor einer Temperatur aus, die so nahe als möglich an der lag, bei welcher er wieder umgewandelt wird, und erhielt ihn durch lange Zeit, nämlich durch ungefähr acht Tage, möglichst unverändert in derselben; es schien mir, dafs, wenn es möglich ist, den amorphen Phosphor in cohärenter Form zu erhalten, diefs am wahrscheinlichsten auf diesem Wege erreicht werden könne. Meine Erwartungen wurden auch nicht getäuscht, denn wirklich war, merkwürdig genug, der Phosphor nach Beendigung des Versuches in eine ganz cohärente, röthlichbraune, an den Bruchflächen eisenschwarze und unvollkommenen Metallglanz zeigende Masse verwandelt. Diese

ist spröde, leicht zerbrechbar, mit vollkommen muschlichem Bruch, die Bruchstücke sind unregelmäfsig und haben spitze Ecken und scharfe Ränder. Der Strich dieser Masse zeigt ganz die rothe Farbe des pulverigen, so dafs auch in dieser Beziehung die Aehnlichkeit in den naturhistorischen Eigenschaften, die stängliche Zusammenhäufung abgerechnet, mit einer Varietät des rhomboëdrischen Eisenerzes, dem Blutsteine, eine fast vollständige ist. Die Härte des cohärenten amorphen Phosphors ist sehr beträchtlich, sie beträgt nämlich 3,5, liegt also zwischen der des Kalkspathes und der des Flufs-Spathes. Die Dichte desselben ist bei 17° C. gleich 2,089, also genau gleich der, welche Böttger für den gewöhnlichen angegeben hat, eine Uebereinstimmung, die gewifs nur eine zufällige ist, da ich alle Ursache habe zu glauben, dafs obige Bestimmung, obwohl gewifs an sich richtig, doch nicht die wahre Dichte des amorphen Phosphors ausdrückt. Die mir jetzt zu Gebote stehenden Stücke enthalten nämlich noch 0,2 bis 0,3 Proc. gewöhnlichen Phosphor eingesprengt, wodurch seine Dichte etwas vermindert wird. In der That zeigten einige Stücke von amorphem Phosphor, der einer noch längeren Einwirkung der Wärme ausgesetzt war, und weit weniger gewöhnlichen enthielt, bei 17° C. eine Dichte von 2,106.

In meiner früheren Abhandlung habe ich keine weiteren Gründe für die Ansicht entwickelt, dafs der durch die Einwirkung des Lichtes oder der Wärme modificirte Phosphor amorph sey, indem ich dieselbe blofs auf das Ansehen des Pulvers, das es sowohl bei der Betrachtung mit freiem Auge als unter dem Mikroskope bei den stärksten Vergröfserungen zeigt, stützte. Jetzt findet meine Ansicht in der Beschaffenheit der cohärenten Masse ihre vollkommene Bestätigung. Da nämlich dieser Körper weder im Bruche noch sonst eine Spur von Krystallisation zeigt und auch keine der Eigenschaften besitzt, die an krystallisirten Körpern beobachtet werden, so mufs derselbe nach unseren jetzigen Kenntnissen mit Bestimmtheit für amorph gehalten werden. Wir besitzen also jetzt einen oktaëdri-

schen Phosphor und einen amorphen, so wie wir, um einstweilen Ein Beispiel anzuführen, einen oktaëdrischen Kohlenstoff und einen amorphen, überdiefs aber auch noch einen rhomboëdrischen kennen.

Es bedarf kaum der Erwähnung, dafs das chemische Verhalten des cohärenten amorphen Phosphors, so weit ich es bis jetzt kennen lernte, dasselbe ist wie das des pulverigen, nur mufs ich bemerken, dafs der geringe demselben anhängende Gehalt von gewöhnlichem Phosphor einige Erscheinungen bedingt, die berücksichtigt werden müssen, indem sie sonst leicht zu falschen Ansichten führen könnten. Zerbricht man nämlich ein Stück dieses cohärenten Phosphors, so geschieht es oft, dafs er sich entzündet, er brennt dann, unter nach und nach erfolgendem Zerspringen der Masse mit rothem Lichte langsam fort und kann durch Aufgiefsen von Wasser leicht gelöscht werden; zerreibt man denselben unter Wasser und läfst das durch Filtrirpapier vom gröfsten Theile seines Wassers befreite Pulver an der Luft liegen, so reagirt es bald sauer und zieht Feuchtigkeit an, dieſs geschieht auch, nur langsamer, wenn man das Pulver früher gut getrocknet hat. Erwärmt man ein solches Pulver, so entzündet es sich schon, ehe die Temperatur 100° C. erreicht hat; im Dunklen leuchtet es, und mit Chlor verbindet es sich unter Feuererscheinung. Alle diese Erscheinungen kommen, wie ich früher gezeigt habe, nicht dem amorphen Phosphor zu, sondern rühren vom gewöhnlichen her, der ihm beigemengt ist. Man könnte durch diese Thatsachen zu der falschen Meinung verleitet werden, dafs der amorphe Phosphor langsam wieder in den gewöhnlichen übergehe, dieſs ist aber, wenigstens in einem Zeitraume von drei und einem halben Jahre, nicht der Fall, und wird wohl auch nicht eintreten. Auf meinem Tische liegen mit amorphem, äufserst fein vertheiltem Phosphor bedeckte Filter länger als ein Jahr der Einwirkung der Luft etc. ausgesetzt, ich befeuchte sie von Zeit zu Zeit, sie trocknen und der Phosphor zeigt weder eine saure Reaction noch einen Geruch. Jeder würde das auf

denselben vertheilte feine Pulver für gepulvertes Eisenoxyd (Engelroth) halten.

Schliefslich mufs ich noch erwähnen, dafs ich seit der Veröffentlichung meiner ersten Arbeit über diesen Gegenstand die wichtigsten der dort angegebenen Bestimmungen, zum Theil unter abgeänderten Umständen zu wiederholen Gelegenheit hatte; ich fand sie zu meiner Freude sämmtlich bestätigt und habe nichts zurück zu nehmen oder zu berichtigen. Nur eine Thatsache sey mir erlaubt noch anzuführen, obwohl sie streng genommen nicht zum Gegenstande dieser Mittheilung gehört. Ich habe mich nämlich mit Bestimmtheit überzeugt, dafs der Phosphor das Wasser zu zersetzen im Stande ist, und zwar schon bei einer Temperatur von 250° bis 260° C. Schliefst man nämlich feuchten Phosphor in eine starke an beiden Enden zugeschmolzene Glasröhre ein und setzt diese durch einige Zeit der obigen Temperatur aus, so erhält man beim Aufbrechen der Röhre Phosphorwasserstoffgas, dem P. Thénard's H_2P beigemengt ist, das sich daher von selbst entzündet. Früher nahm man die Zerlegbarkeit des Wassers durch Phosphor unter Mitwirkung des Lichtes an, um das bei dieser Gelegenheit eintretende Rothwerden desselben durch Bildung von Phosphoroxyd zu erklären; jetzt ist durch die eben angegebene Thatsache bewiesen, dafs zwar diese Umwandlung von der Gegenwart des Wassers unabhängig ist, dafs aber dieses bei nicht sehr hoher Temperatur wirklich vom Phosphor zerlegt wird.

X. *Ueber das traubensaure Kali-Natron; von W. Delffs.*

Die Untersuchungen von Pasteur über die Traubensäure, von welchen kürzlich in diesen Annalen [1]) ein Auszug geliefert worden ist, bieten ein so vielseitiges Interesse für den Chemiker, Krystallographen und Optiker dar, und sind so reich an neuen, unerwarteten Thatsachen, dafs gewifs ein Jeder, dem das nöthige Material zu Gebote steht, bemüht seyn wird, sich eine eigene Anschauung von diesen Erscheinungen zu verschaffen. Eine besondere Aufforderung zur Wiederholung dieser Versuche lag für mich in dem Umstand, dafs ich vor mehreren Jahren von dem Entdecker der Traubensäure, Hrn. Kestner, einen kleinen Vorrath dieser Säure erhalten hatte, und daher überzeugt seyn konnte, denselben Stoff in Händen zu haben, dessen sich Pasteur bei seinen Versuchen bedient hat. Wäre dieſs nicht der Fall gewesen, so hätte ich nach dem Ausfall meiner Versuche an der Identität des von Pasteur und mir benutzten Materials zweifeln müssen, und zwar um so mehr als diejenige Verbindung der Traubensäure, um welche es sich im Nachfolgenden handelt, ebenfalls mit den Angaben von Fresenius in Widerspruch steht. Diese Widersprüche sind es denn auch, welche mich zur Veröffentlichung meiner bisherigen Versuche, die ich nicht als beendet ansehe, veranlassen, um dadurch die Aufmerksamkeit anderer Chemiker auf denselben Punkt hinzulenken, und somit eine Aufklärung der streitigen Punkte herbeizuführen.

Als Hauptsatz, an welchen sich alles Uebrige anreiht, stellt Pasteur bekanntlich die Behauptung auf, dafs die Traubensäure, wenn ihre Lösung zu einer Hälfte mit Natron, und zur andern mit Kali oder Ammoniak neutralisirt wird, beim Verdunsten zwei verschiedene Doppelsalze ab-

1) Diese Ann. Bd. 80, S. 127.

absetzt, die sich nicht allein durch verschiedene hemiëdrische Ausbildung, sondern auch dadurch unterscheiden sollen, dafs die Lösung des einen die Polarisationsebene nach Rechts ablenke, während die andere bei gleicher Concentration und gleicher Temperatur eine ebenso grofse Ablenkung nach Links zur Folge habe. Es handelte sich also zunächst um eine Constatirung dieser Angabe. Zu diesem Ende wurden, genau wie Pasteur vorschreibt, zwei gleiche Mengen von Traubensäurelösung abgewogen, die eine mit Kali, die andere mit Natron neutralisirt, und nach ihrer Vermischung der freiwilligen Verdunstung überlassen. Nach Verlauf einiger Tage hatte sich eine reichliche Menge von wohl ausgebildeten Krystallen, deren Durchmesser zum Theil einen halben Zoll überstieg, und die meistens unverwachsen waren, abgesetzt. Eine genaue Bestimmung der Form, so wie eine Vergleichung der übrigen Eigenschaften, liefs keinen weiteren Unterschied zwischen dem vorliegenden und dem sogenannten *Seignettesalz* erkennen, als dafs die Lösung des ersteren auf Zusatz von Gypslösung einen unbedeutenden weifsen pulvrigen Niederschlag erzeugte, eine Reaction, welche den reinen weinsauren Salzen nicht zukommt. Um ganz sicher zu seyn, dafs nicht etwa eine zu grofse Concentration der Salzlösung an der Entstehung des Niederschlages schuld sey, da bekanntlich auch der weinsaure Kalk zu den schwerlöslichen Salzen gehört, wurden zwei gleich concentrirte Auflösungen, die eine aus dem in Rede stehenden, die andere aus käuflichem Seignettesalz bereitet und mit Gypslösung versetzt; in der ersteren entstand eine schwache Trübung, in der zweiten nicht. Endlich wurde dieselbe Reaction mit einer Auflösung von traubensaurem Natron von gleicher Concentration, wie die obigen, widerholt, und in diesem Fall die Entstehung eines sehr reichlichen weifsen pulverigen Niederschlags beobachtet.

Nach diesen Versuchen lag die Vermuthung nahe, dafs die von mir benutzte Traubensäure, welche aus kleinen, undeutlich ausgebildeten Krystallen bestand, ein Gemenge von Wein- und Traubensäure gewesen sey, und dafs das

Verhalten des aus derselben gewonnenen Seignettesalzes gegen Gypslösung von einer geringen Menge anhängender Traubensäure herrühre. Ungeachtet die oben angegebene Bezugsquelle sich einem solchen Verdacht widersetzte, so wurde ich doch anfangs in meiner Vermuthung durch den Umstand bestärkt, dafs die von den zuerst erhaltenen Krystallen abgegossene Mutterlauge beim weiteren Verdunsten bis auf den letzten Tropfen Krystalle anschiefsen liefs, deren Form auch nicht die entfernteste Aehnlichkeit mit dem Seignettesalz besafs, und die sich später als ein Doppelsalz von traubensaurem Kali-Natron ausweisen werden.

Der Annahme, dafs die zuerst erhaltenen Krystalle mit dem Seignettesalz identisch seyen, stand zunächst nur das angegebene Verhalten gegen Gypslösung entgegen. Beruhte diefs Verhalten auf einem geringen Gehalt an mechanisch beigemengter Traubensäure, so mufste diese letztere sich durch Umkrystallisiren entfernen lassen. Ich glaubte in dieser Beziehung des Erfolgs so sicher zu seyn, dafs ich leider den ganzen Vorrath an dem vermeintlichen Seignettesalz in Wasser löste, und zum Krystallisiren der freiwilligen Verdunstung überliefs. Der Erfolg war indessen ein ganz anderer als ich erwartet hatte, indem die aufs Neue anschiefsenden Krystalle nunmehr in allen Punkten mit dem aus der Mutterlauge von der ersten Krystallisation erhaltenen Salze, also mit dem traubensauren Kali-Natron übereinstimmte, und, wie die traubensauren Salze überhaupt, mit Gypslösung einen starken Niederschlag erzeugten.

Ehe ich zur Beschreibung dieses Salzes übergehe, will ich eines Umstandes gedenken, der vielleicht den Schlüssel zur Erklärung der angedeuteten Formveränderung enthält. Die beschriebenen Versuche wurden in der zweiten Hälfte des Januars d. J. begonnen, fallen daher zum Theil in die kälteste Zeit des verflossenen Winters. Die Krystallisationen bildeten sich in einem ungeheizten Zimmer. Es wäre daher leicht möglich, dafs das traubensaure Kali-Natron, wie manches andere Salz, bei verschiedener Tem-

peratur einen verschiedenen Wassergehalt aufnimmt, und diesem Umstand seine doppelte Krystallform verdankt. Auffallend bleibt es aber immer, dafs das Salz in beiden Formen ein verschiedenes Verhalten gegen Gypslösung zeigt, indem das eine Salz mit diesem Vorgang eine starke, das andere eine schwache Fällung bewirkt. Ich mufs zwar zugeben, dafs dieser Unterschied zu relativ ist, und dafs dabei leicht Täuschungen unterlaufen können, als dafs ich jetzt schon aus diesem Umstand den Schlufs ziehen möchte, die Säure sey in beiden Salzen eine verschiedene gewesen. Da aber Wein- und Traubensäure isomerische Verbindungen sind, so wird wenigstens Niemand die Möglichkeit bestreiten wollen, dafs beide unter Umständen in einander übergehen könnten. Zur Entscheidung kann diese Frage erst dann gebracht werden, wenn es wieder gelingt, das Salz von der Form des Seignettesalzes herzustellen, was mir leider bis dahin nicht möglich gewesen ist. Ich kann daher einstweilen nur eine genauere Untersuchung des zweiten Salzes vorlegen. Vielleicht erfüllt die heranrückende kältere Jahreszeit die Bedingungen, von welchen die Entstehung des anderen abhängt.

Das auf die oben angegebene Weise gewonnene Doppelsalz von traubensaurem Kali-Natron krystallisirt in schiefen rhomboïdischen Prismen (Taf. I. Fig. 14.). Die Messung der Winkel ergab folgende Werthe:

$M : T = 130^{\circ}\ 30'$
$M : P = 116\ \ 40$
$P : T = \ \ 99$
$M : a = \ \ 92\ \ 15$
$T : a = 118$
$P : a = 128\ \ 30.$

Die Messungen wurden mit dem Reflexionsgoniometer ausgeführt, haben aber gleichwohl nur angenäherte Gültigkeit, da wohl ziemlich allgemein behauptet werden darf, dafs künstliche Krystalle, selbst wenn ihre Flächen starken Glanz besitzen, nie so deutliche Bilder reflectiren, wie

die der Mineralwelt angehörigen Krystalle. Aufserdem wurde die Messung dadurch erschwert, dafs die *M*-Flächen bald mehr, bald minder stark in horizontaler Richtung gestreift waren. Die Krystalle sind vollkommen wasserhell und verwittern erst beim längeren Liegen an trockner Luft, wobei sie, ohne zu zerfallen, undurchsichtig und milchweifs werden. Bei höherer Temperatur schmilzt das Salz in seinem Krystallisationswasser, bevor er wasserfrei wird. In der Glühhitze bläht es sich unter Verkohlung zu einer voluminösen Masse auf, die allmälig zusammensinkt, und wegen der leichten Schmelzbarkeit des gebildeten Gemenges von kohlensaurem Kali und kohlensaurem Natron in verhältnifsmäfsig kurzer Zeit die beigemengte Kohle vollständig zu verbrennen gestattet.

Da diese Verbrennung bei einiger Vorsicht ohne alles Aufspritzen von statten geht, so versuchte ich den Gehalt an Kali und Natron in Form von kohlensauren Salzen zu bestimmen. Zu diesem Ende wurde das abgewogene Salz in einem Platintiegel bis zum vollständigen Verbrennen der Kohle erhitzt, über Schwefelsäure erkalten gelassen, und im bedeckten Tiegel möglichst schnell abgewogen.

I. 1,084 Grm. des Salzes hinterliefsen 0,460 Grm. Rückstand, wonach der Gehalt an Kali und Natron, unter der Voraussetzung, dafs beide zu gleichen Aequivalenten zugegen seyen, 27,38 Proc. ausmacht.

II. 0,515 Grm. hinterliefsen 0,217 Grm. Rückstand, so dafs der Gehalt an Kali und Natron sich auf 27,18 Proc. beläuft.

III. 0,460 Grm. dieses Rückstandes gaben, nach der gewöhnlichen Methode mit Salzsäure und Platinchlorid behandelt, 0,908 Grm. Chlorplatinkalium. Der Rechnung nach hätten 0,911 Grm. erhalten werden müssen. Hiernach bestätigt sich die obige Voraussetzung, dafs das Salz Kali und Natron zu gleichen Aequivalenten enthalte, und der Gehalt des ersteren berechnet sich auf 16,23 Proc.

IV. 0,523 Grm. des Salzes erlitten im Oelbade bei einer allmälig steigenden Temperatur einen Verlust von

0,136 Grm. oder 27,3 Proc. Wasser. Bei einer Temperatur von 165° hält das Salz noch 1 At. Wasser zurück.

Nach den vorstehenden Versuchen entspricht die Zusammensetzung des Salzes der Formel:

$$KO + C^4H^2O^5 + NaO + C^4H^2O^5 + 9HO,$$

nach welcher in 100 Theilen enthalten seyn müssen

	Berechnet:		Gefunden:				
			I.	II.	III.		IV.
Kali	16,43	= 27,30	27,38	27,18	Kali	16,23	
Natron	10,87						
Traubensäure	45,05						
Wasser	27,65						27,30
	100.						

Die Auflösung des traubensauren Kali-Natrons verhielt sich gegen das polarisirte Licht vollkommen indifferent. Die Prüfung wurde mit einem Apparat von Ventzke's Construction vorgenommen.

Obgleich mir also, wie aus dem Mitgetheilten erhellt, nicht gelungen ist, die von Pasteur beobachteten Erscheinungen zu bestätigen, so bin ich doch weit entfernt, die Richtigkeit derselben in Zweifel zu ziehen. Bedürften diese ins Einzelne gehenden Beobachtungen noch einer weiteren Bürgschaft, so ist solche durch Biot, der den krystallographischen und optischen Theil derselben bestätigt und erweitert hat, geleistet worden. Ebenso wenig möchte ich Fresenius einen Beobachtungsfehler vorwerfen, wenn derselbe in seiner Abhandlung *über die traubensauren Salze* [1]) Seite 12 die Existenz eines traubensauren Kali-Natrons in Abrede stellt. Hätten nicht besondere Umstände obgewaltet, so müfste die Bildung dieses Doppelsalzes Fresenius eben so leicht, wie mir, gelungen seyn. Diese Widersprüche Anderer über das Verhalten der Traubensäure erscheinen mir nicht räthselhafter, als dasjenige, was ich selbst an dieser merkwürdigen Säure beobachtet habe. Fortgesetzte

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. XLI. 1.

Beobachtungen müssen dahin führen, diese scheinbare Launenhaftigkeit der Traubensäure auf ein festes Gesetz zurückzuführen.

XI. *Vereinfachte Methode, Harnsäure aus Schlangen-Excrementen zu gewinnen; von W. Delffs.*

Zu den Vorschriften, welche von einem chemischen Lehrbuch in das andere übergehen, ungeachtet sie der Verbesserung fähig sind, gehören diejenigen, welche die Gewinnung der Harnsäure aus den Schlangenexcrementen betreffen. Man liest gewöhnlich, dafs die genannten Excremente in Aetzkali gelöst, durch einen Strom von kohlensaurem Gas gefällt, und das gefällte saure harnsaure Kali dann weiter mit Säuren behandelt werden soll [1]). Aber gerade der zeitraubendste Theil dieser Operation ist vollkommen überflüssig. Ich habe die Harnsäure sehr häufig zum Studium ihrer Zersetzungsproducte auf verschiedenen Wegen dargestellt, und bin endlich bei folgendem Verfahren stehen geblieben.

Man nimmt auf eine beliebige Menge gepulverter Schlangenexcremente ein gleiches Gewicht käufliches Aetzkali und die 14fache Gewichtsmenge Wassers, erhitzt bis zum Sieden, und läfst, ohne das Aufhören des entweichenden Ammoniaks abzuwarten, die heifse Lösung unmittelbar vom Filtrum in ein Gemisch aus 2 Theilen Schwefelsäure und 8 Theilen Wassers fliefsen, während man das Gemisch von Zeit zu Zeit umrührt. Je höher die Temperatur der Flüs-

1) Unter den neueren Schriften, welche diese Methoden mittheilen, nenne ich nur Schlofsberger's *Lehrbuch der organischen Chemie*, S. 384, und v. Gorup-Besanez *Anleitung zur zoochemischen Analyse* S. 175.

sigkeit ist, aus welcher sich die Harnsäure abscheidet, um so weniger voluminös fällt die letztere aus, und kürzt dadurch das nachfolgende Geschäft des Auswaschens ab. Da die so dargestellte Harnsäure sich sehr leicht absetzt, so ist es zweckmäfsig, die darüberstehende Flüssigkeit ein paar Mal abzugiefsen und durch Wasser zu ersetzen, ehe man die Säure zum Auswaschen auf das Filter bringt.

Waren die der vorstehenden Behandlung unterworfenen Schlangenexcremente nicht allzu unrein, oder durch beigemengte Galle stark gelb gefärbt, so erhält man eine vollkommen weifse Harnsäure, welche beim Verbrennen einen kaum wägbaren Rückstand hinterläfst, und 80 Proc. vom Gewicht der Excremente ausmacht. Beständen letztere aus reinem doppelt-harnsaurem Ammoniak, so würden sie im vollkommenen trocknen Zustand 91 Proc. Harnsäure enthalten. Hieraus geht hervor, dafs die Ausbeute nach der mitgetheilten Methode sehr reichlich ausfällt.

XII. *Ueber den Feldspath des Zirkon-Syenits im südlichen Norwegen; von C. G. Gmelin in Tübingen.*

Man hatte früher die Ansicht, dafs die Verschiedenheit der Form des (zwei- und eingliedrigen) Orthoklases und des (ein- und ein-gliedrigen) Albits von der verschiedenen Natur des in beiden Feldspatharten enthaltenen Alkalis bedingt sey, und hatte demgemäfs den Orthoklas *Kali-Feldspath*, den Albit *Natron-Feldspath* genannt. Indefs fand man bald, dafs der sogenannte glasige Feldspath, der ein wirklicher Orthoklas ist, überhaupt der Feldspath der Trachyte und Phonolithe, neben Kali auch Natron enthält, ja Schnadermann fand sogar in dem glasigen Feld-

spath aus dem Basalt des Hohenhagens bei Dransfeld unweit Göttingen eine die Menge des Kalis weit überwiegende Menge Natron, nämlich 10,29 Proc. Natron und nur 2,62 Proc. Kali. — In der That wird das Volumen des Natrons in dem glasigen Feldspath nicht befremden, da derselbe in Gesteinen auftritt, welche im Allgemeinen an zeolithartigen natronhaltigen Mineralien reich sind. Es würde dann aber, wie Abich bemerkt hat, anzunehmen seyn, dafs Kali und Natron isomorph und dafs beide dimorph seyen.

Die Feldspäthe, welche in dem Zirkon-Syenit des südlichen Norwegens an mehreren Stellen eine so ausgezeichnete Entwicklung erhalten haben, finden sich dort ebenfalls in Begleitung von Fossilien, die sehr reich an Natron sind, wie dieses längst von dem Elaeolith bekannt ist. Im Herbst 1816 liefs ich nahe bei Laurvig, in einem am Meerbusen frei im Sande stehenden Felsen an der Reverban, welche Stelle mir vom Bergrath Pettersen daselbst bezeichnet worden war, sprengen, und verschaffte mir eine Menge grüner Elaeolithe, zum Theil in faustgrofsen Massen mit dem Feldspath verwachsen, ferner Hornblende, Molybdänglanz u. s. f. und ein Mineral, das ich kürzlich analysirt und als Natron-Mesotyp erkannt habe.

Analyse des Natron-Mesotyps aus dem Zirkonsyenit von Laurvig.

Dieser Mesotyp findet sich in strahlig krystallinischen, farblosen oder gewöhnlich blafs grünlich grauen, glasglänzenden Massen mit dem Feldspath verwachsen, welcher in seiner Nähe ein viel weniger frisches Ansehen hat. Ich weifs nicht, ob dieser Mesotyp, den ich in diesem Felsen nicht sehr selten antraf, bisher in diesem Zirkonsyenit überhaupt bemerkt worden sey, vermuthe jedoch, dafs er dasselbe Mineral sey, welches man früher mit dem Namen: *faseriger Wernerit* bezeichnet hat. Das spec. Gew. dieses Mesotyps fand ich bei einem 12,57 Grm. schweren Stück = 2,207 (Temp. des Wassers = +9° R.). Er gelatinirt

mit Salzsäure, und nach dem Glühen, wobei er 9,5502 Proc. Wasser verliert, erhitzt er sich sehr stark mit concentrirter Salzsäure und gelatinirt damit äufserst rasch. Die Analyse gab:

Kieselsäure	48,680
Thonerde	26,369
Natron	16,002
Kali	20,352
Wasser	9,550
	100,958.

Die Formel für den Natron-Mesotyp $\dot{N}a\ddot{S}i + \ddot{A}l\ddot{S}i + 2\dot{H}$ fordert:

Kieselsäure	47,90
Thonerde	26,62
Natron	16,16
Wasser	9,32
	100,00.

Das Vorkommen eines Natron-Mesotyps im Zirkon-Syenit bestärkte mich in der Vermuthung, dafs der Feldspath desselben selbst eine beträchtliche Menge Natron enthalten werde, was sich durch die Analyse der Feldspäthe von Laurvig und Friedrichsvärn bestätigt hat.

Feldspath von Laurvig.

Seine Farbe ist blafs grünlich grau. Sein spec. Gew. fand ich an einem 20,52 Gramme schweren Stück = 2,5872 (Temper. des Wassers = +10° R.). Die Analyse gab:

Kieselsäure	65,9039
Thonerde	19,4639
Kali	6,5527
Natron	6,1410
Kalk	0,2759
Eisenoxyd	0,4406
Flüchtige Theile	0,1215
	98,8995.

Feldspath von Friedrichsvärn.

Es ist dieses derselbe mit himmelblauem Lichtschein strahlende Feldspath, welchen Klaproth untersucht hat und dessen spec. Gew. nach ihm = 2,590 ist.

Klaproth fand darin:

Kieselsäure	65
Thonerde	20
Kali	12,25
Eisenoxyd	1,25
Wasser	0,50
Kalk	eine Spur
	99.

Nach meinen Untersuchungen enthält derselbe:

Kieselsäure	65,1863
Thonerde	19,9890
Kali	7,0293
Natron	7,0810
Kalk	0,4810
Eisenoxyd	0,6300
Flüchtige Theile	0,3790
	100,7756.

Die Analyse dieser Feldspäthe wurde mittelst Flufssäure bewerkstelligt, welche die Zersetzung sehr leicht und vollständig bewirkt. Die Kieselsäure wurde dann noch mit einer besonderen Probe durch Glühen mit kohlensaurem Natron bestimmt. Ich wandte besonders alle mögliche Sorgfalt bei der Bestimmung der relativen Menge beider Alkalien an und bediente mich sowohl der indirecten als der directen Analyse, gab jedoch, da beide ein sehr nahe übereinstimmendes Resultat leisteten, der erstern den Vorzug. Ich versäumte sogar nicht, das bei der directen Analyse erhaltene schwefelsaure Natron zu analysiren und mich so zu überzeugen, dafs es wirklich schwefelsaures Natron war, indem es 56,07 Proc. Schwefelsäure lieferte. Selbst die allerdings sehr geringe Menge Kieselerde, welche der

Feldspath von der Achat-Reibschale abrieb, wurde in Rechnung genommen.

Ich hätte gewünscht, Gelegenheit zu haben, auch die Feldspäthe des Miascits aus dem Ilmengebirge, welche Gebirgsart in so manchen Beziehungen Uebereinstimmung mit dem Zirkon-Syenit des südlichen Norwegens zeigt, namentlich den von G. Rose in der Reise nach dem Ural u. s. f. Bd. 2, S. 49 beschriebenen Feldspath, der ebenfalls in Gesellschaft von an Natron reichen Fossilien, Elaeolith und Sodalith, aber nicht in Gesellschaft von Albit vorkommt, analysiren zu können; ich vermuthe, dafs auch dieser Feldspath ziemlich viel Natron enthalte, um so mehr, da selbst der sogenannte Amazonenstein einen durch Kupferoxyd gefärbten Orthoklas, der in Topas führenden Granitgängen, die in einem elaeolithfreien Miascit des Ilmengebirges aufsetzen, sich findet, nach Abich 2,81 Proc. Natron (und 13,05 Proc. Kali) enthält, wobei freilich der Natrongehalt möglicherweise von Albitkrystallen herrühren könnte, welche die Masse des Amazonensteins gewöhnlich durchsetzen.

XIII. *Rotation durch Reibungselektricität hervorgebracht; von E. F. August.*

Nähert man einer in Umdrehung versetzten Scheibe einer Elektrisirmaschine eine leicht bewegliche Magnetnadel, so geräth diese nach einigen Schwingungen in Rotation. Statt der Magnetnadel kann jede auf gleiche Art vorgerichtete unmagnetische Nadel von beliebigem leitendem Stoffe angewendet werden. Die Rotation erfolgt vorwaltend in derjenigen Richtung, welche der Drehungsrichtung der Scheibe entgegengesetzt ist, so dafs die Spitzen der rotirenden Nadel an den Theilen der bewegten Scheibe diesen begeg-

nend vorübergehen. Daher ist diese Rotation an der vertical aufgestellten Scheibe oberhalb der Axe in entgegengesetzter Richtung wie unterhalb und an der einen Fläche der Scheibe entgegengesetzt wie an der andern. In gleicher Höhe mit der Axe erfolgt zu beiden Seiten derselben gar keine Rotation und wenn die rotirende Nadel über diese Gränze hinweggeführt wird, setzt sich ihre Bewegung in die entgegengesetzte um. Ueberhaupt wird an jeder Stelle die der normalen entgegengesetzte Rotation rückgängig und geht in die normale über; ja, man kann sogar die normale leichter erhalten, wenn man zuvor durch Anstofs die entgegengesetzte hervorgebracht hat, als wenn man aus dem ruhigen Zustande der Nadel ihre Rotation abwartet.

Die so eben beschriebenen Erscheinungen zeigen sich bei einer Elektrisirmaschine, die nur ein Reibezeug gleich hoch mit der Axe hat, um welche die verticale Scheibe gedreht wird; sie erfolgen am regelmäfsigsten, wenn der Conductor entfernt ist, bleiben aber ganz aus, wenn auch das Reibzeug fehlt. Sie gelingen sicherer, wenn die Nadel isolirt ist. Bei einer anderen Einrichtung der Maschine wird man abweichende Erscheinungen erhalten, die sich aus der leicht erkennbaren Ursache des Phänomens unter Berücksichtigung der jedesmaligen Bedingungen werden erklären lassen.

Wir haben es hier nämlich einzig und allein mit der elektrischen Anziehung der Scheibe zu thun. Diese elektrische Wirkung ist aber nicht am stärksten in der Richtung, welche von den Drehpunkt der Nadel senkrecht gegen die Scheibe geht, sondern in einer schrägen den kommenden Theilen der Scheibe zugewendeten Richtung. Diese Theile nämlich sind später vom Reibezeuge abgegangen und haben daher auch eine lebhaftere Elektricität als diejenigen, denen die Nadel zunächst steht. Daher entsteht während der Umdrehung der Scheibe ein schräg gegen dieselbe gerichteter elektrischer Zug, der wieder in der Nähe der Scheibe stärker wirkt als entfernter von derselben, so dafs hieraus jene Bewegung ebenso nothwendig erfolgen

mufs, wie die Umdrehung eines Rades im Innern eines Stromes erfolgen müfste, der unten stärker flösse als oben.

Dafs die Erklärung die richtige sey, zeigt eine Beobachtung der Erscheinung im Finstern. Man sieht einen nicht ganz vollständigen leuchtenden Kreis aus zwei einander genau gleichen Gegenbogen gebildet. Der eine dieser Bogen in der Nähe der Scheibe entsteht durch die Lichterscheinung beim Ausströmen negativer Elektricität. Der leuchtende rothe Punkt bildet bei der raschen Bewegung scheinbar einen rothleuchtenden Bogen. Die entgegengesetzte Spitze, welche gleichzeitig positive Elektricität ausstrahlt mit gelblichem büschelartigem Lichte bildet in derselben Weise den Gegenbogen, der breiter und matter im Licht ist. Die Linie, welche durch die Mitten beider Bogen und den Drehpunkt der Nadel geht, ist nicht senkrecht gegen die Scheibe, sondern schräg den kommenden Theilchen der Scheibe entgegengerichtet. Sie deutet die Richtung der gröfsesten Anziehung an.

Die Versuche gelingen am besten, wenn die Scheibe vorher längere Zeit geruht hat und die Luft umher noch nicht allzu sehr elektrisch geworden ist, bei einer nicht allzu heftigen Drehung der Scheibe. Dafs heftige Drehungen leicht eine ungleichmäfsige Reibung und dadurch eine abnorme Vertheilung der Elektricität auf der Scheibe hervorbringen, ist begreiflich, so wie der Einfluſs dieser Abnormitäten auf den Verlauf der beschriebenen Erscheinung. Die zweckmäfsigste Entfernung der Nadel mufs durch Versuche ermittelt werden. Es wird jedoch bei Beobachtung der angerathenen Vorsicht nicht schwer halten diese artige Rotation beliebig hervorzubringen. Auch an einem cylindrischen Conductor erfolgt die Erscheinung unter ähnlichen Umständen, wenn am äufsersten Ende eine Abströmung durch Spitzen bewirkt wird.

Berlin, den 17. October 1850.

XIV. *Ueber das beständige Erscheinen von Licht am negativen Pol der Volta'schen Säule; von Hrn. Abt Moigno.*

(Compt. rend. T. XXX. p. 359.)

Am 9. Dec. 1846 übersandte ich der Akademie d. Wissenschaften eine Abhandlung, betitelt: *Abhandlung über die Versuche des Dr. Neef und über die allgemeine Theorie des Lichts, der Wärme und der Elektricität.* Ich habe zu Frankfurt die hübschen, genauen und überzeugenden Versuche des gelehrten Doctors gesehen [1]); für mich, wie für ihn, war es bewiesen: 1) dafs das Licht immer am negativen Pol erscheint und dieses primitive Licht unabhängig von der Verbrennung ist; 2) dafs die Quelle der Wärme eigentlich der positive Pol ist und diese Wärme ursprünglich eine dunkle ist; 3) dafs Licht und Wärme bei ihrem Entstehen nicht zusammenfallen, sondern nur, nachdem sie auf einen gewissen Grad gesteigert worden sind; aus dieser Verschmelzung entstehen die Phänomene der Flamme und der Verbrennung.

In den *Comptes rendus* ward blofs der Titel meiner Abhandlung gegeben, und von den schönen Versuchen des Hrn. Neef war darin erst die Rede, nachdem auch Hr. Matteucci sich mit dem Gegenstande beschäftigt und darüber der Akademie zwei Notizen übersandt hatte.

Die fast ausschliefsliche Erzeugung von Wärme am positiven Pol darf nicht in Zweifel gezogen werden; sie ist überall einleuchtend, z. B. bei dem kleinen Apparat des Hrn. De la Rive, wo man zwei in scharfe Kegel auslaufende Eisencylinder, die mit den beiden Polen der Säule verbunden sind, vor einander bringt. Man versichert sich mit den blofsen Fingern, dafs das mit dem negativen Pol verbundene Eisen noch kalt ist, während das positive Eisen schon sehr heifs ist.

Die Entstehung des Lichts am negativen Pol ist eben-

1) Vergl. Ann. Bd. 66, S. 414 und Bd. 69, S. 141.

falls eine unzweifelhafte Thatsache, welche mich oft überrascht hat. Wir haben sie bei Hrn. Rumkorff in grofsem Maafsstabe gesehen. Man brachte in das Vacuum zwei Platinkugeln als Pole eines Inductionsstroms, der mittelst eines Masson'schen Rades erregt worden, und man sah deutlich, dafs eine der Platinkugeln leuchtend und relativ kalt war; bald war es die eine, bald die andere, je nach der Richtung des Stroms, und berücksichtigte man die Umkehrung des Inductionsstromes, so ergab sich der Neef'sche Satz als richtig. Die negative Kugel war die leuchtende und relativ kalte, die positive dagegen die dunkle und relativ warme.

Am letzten Montag, den 7. Januar (1850), haben wir diese bewunderswürdige Vertheilung von Licht und Wärme unter neuen und noch auffallenderen Umständen bestätigt gesehen. Hr. Jules Duboscq, Zögling und Schwiegersohn des Hrn. Soleil, prüfte einen neuen Moderator und Fixator des elektrischen Lichts, indem er vor einer grofsen Zahl von Zuschauern die Fundamental-Versuche der Optik damit wiederholte. Fünf bis sechs Mal hintereinander liefs ich den Strom durch Entfernen der Kohle unterbrechen und durch Nähern wieder herstellen. Bei jedem neuen Contact zeigte sich das ursprünglich weifse Licht auf der Kohle am negativen Pol. Allein bald nach Wiederherstellung des Stroms begann die Verbrennung am positiven Pol. Die an diesem Pol befindliche Kohle hölte sich aus, unter Aussendung eines weit glänzenderen Lichtes als das vom negativen Pol, wie es schon die HH. Fizeau und Foucault nachwiesen. Vierzehn Tage nachher wiederholte ich diesen Versuch vor Hrn. Séguier mit gleichem Erfolg; stets erschien das Licht am negativen Pol zuerst. Diese Thatsache schien mir recht merkwürdig und ich glaubte daher sie der Akademie bemerklich machen zu müssen. Auf diese Bemerkung verfiel ich zuerst, als ich half bei den grofsartigen Versuchen eines ihrer Mitglieder, des Hrn. Despretz, dem ich sie mittheilte, und mit dem ich sie sogar prüfte, ohne sie jedoch zu vollenden.

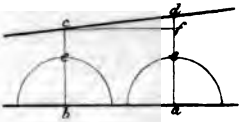
Schliefslich sey mir erlaubt hinzuzufügen, dafs der derator und Fixator des Hrn. Jules Duboscq dur nichts zu wünschen übrig läfst. Selbst durch ein hin, deren man sich bediente, um die Interferenzlini Fresnel'schen Spiegel zu projiciren, blieben die Schw gen des elektrischen Lichts unmerklich.

XV. *Reclamation in Betreff einer Beobach beim Leidenfrost'schen Phänomen.*

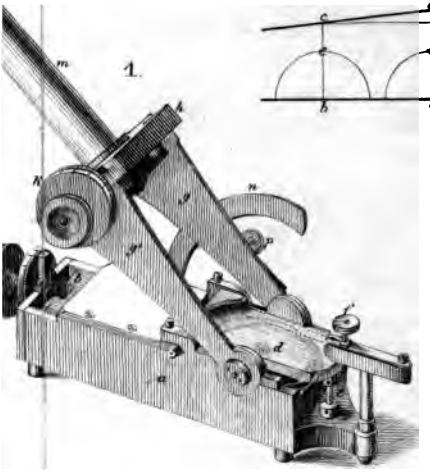
In einem Briefe vom 10. Juni d. J. macht Hr. Dr. dolph Böttger in Frankfurt a. M. mich darauf au sam, dafs die kürzlich von Hrn. J. Schnaufs in Annalen (Bd. 79, S. 432) beschriebene Erscheinun sternförmigen Gestalt eines dem Leidenfrost'schen V unterworfenen Tropfens schon längst von ihm beo und veröffentlicht worden ist, sowohl 1838 in seinen *trägen zur Physik und Chemie,* Heft I. S. 50, als auch zwar früher, schon 1837, in Erdmann's *Journ. der mie,* Bd. X, S. 108. Allerdings ist dem so und ich be dafs es übersehen worden ist, aber andererseits wird glaube ich, jeder Verdacht einer Absichtlichkeit hiebe gleich fortfallen müssen, wenn man die beiderseitigen achtungen etwas näher vergleicht. Es zeigt sich nä dafs sie in einem nicht unwesentlichen Punkt direct einander gehen, denn während der geehrte Frankfurter siker die Zahl der Strahlen oder Vorsprünge der Fig 5, 7, 9, 11 oder 13, mithin als *ungerade* angiebt, sag S. ausdrücklich, dafs sie stets eine *gerade* sey, was ich in Betracht der wahrscheinlichen Entstehung der Figur das Richtige halten möchte.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.

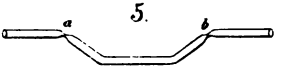
2.



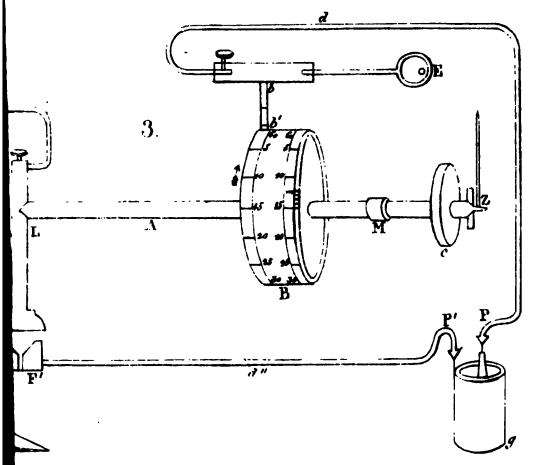
1.



5.



3.



Ann. d. Phys u. Chem. Bd. 84. St. 2.

1850. ANNALEN No. 11
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXXI.

I. *Ueber eine neue Methode, die Intensität des Magnetismus zu bestimmen, nebst einigen mit Hülfe derselben gefundenen Resultaten;* von H. vom Kolke in Aachen.

Im 74. Bande dieser Annalen, S. 331, hat Hr. Professor Plücker meiner unter dem Titel „*De nova magnetismi intensitatem metiendi methodo ac de rebus quibusdam hac methodo inventis*“ erschienenen Dissertation Erwähnung gethan. Da mir von Hrn. Poggendorff durch Hrn. Plücker die Aufforderung zugekommen ist, diese Arbeit in deutscher Sprache für die Annalen zuzurichten, so komme ich derselben hiermit nach, indem ich sie bis auf wenige unwesentliche Auslassungen und Veränderungen wörtlich folgen lasse.

Beschreibung der zu den Messungen gebrauchten Apparate.

Die meisten der folgenden Beobachtungen sind an einem grofsen Elektromagneten angestellt, der schon in diesen Annalen, Bd. 72, S. 316, im Allgemeinen beschrieben ist, dessen Beschreibung ich hier noch einmal und zwar ausführlich geben will. Der cylindrische Eisenkern, welcher zum Hufeisen gebogen ist, wiegt 84 Kilog. und hat 102^{mm} im Durchmesser. Die Mittelpunkte der beiden Pole stehen 284^{mm} von einander entfernt. Um jeden Schenkel sind 4 Lagen 4,36^{mm} dicken Kupferdrahtes von je 92 Windungen gewunden und zwar so, dafs die 1. und 4. Lage, die 2. und 3. Lage ein Draht ist. Die ganze Drahtlänge

ist etwa 220 Met. [1]). Die 4 Drahtenden nun sind jederseits, um den Strom in verschiedenen Combinationen durchgehen lassen zu können, in 4, durch hölzerne Zwischenstücke isolirte, Messingstücke eingelassen, die zu einer Säule verbunden sind und zwar so, dafs die 1. Lage in das unterste, die 4. in das 2., die 2. und 3. in das 3. und 4. eingelassen sind. Nenne ich die Messingstücke der einen Säule 1 2 3 4, die der anderen 1′ 2′ 3′ 4′, so habe ich, wenn ich den Strom durch 1 2 3 4 4′ 3′ 2′ 1′ schicke, ungleichnamige, durch 1 2 3 4 1′ 2′ 3′ 4′ gleichnamige Pole, durch 1 2 3 4 1′ 2′ 4′ 3′ nur einen magnetisch erregten Pol. (Der Versuch hat nämlich gezeigt, dafs, wenn der der Strom durch 1 2 4 3 1′ 2′ 4′ 3′ ging, der Eisenkern *gar keinen* Magnetismus annahm.) Ich kann aufserdem den Strom durch alle Windungen schicken, indem ich 1 und 3 und 1′ und 3′ einerseits, und 2 und 4 und 2′ und 4′ andererseits verbinde, kurz, ich kann unter diesen Umständen den Strom in jeder wünschenswerthen Combination durchschicken. Um den Strom direct umkehren zu können, ist zwischen den beiden Säulen ein Commutator angebracht. Der Eisenkern, der mit den glatt polirten Polenden nach oben steht, ist in eine starke, mit drei Füfsen versehene eichene Bohle eingelassen, auf welcher die eben beschriebenen Apparate angebracht sind. Zwischen den beiden Schenkeln steht eine eichene Säule, in welcher der einzige Fufs eines oben mit, den Polen entsprechenden, Löchern versehenen Tischchens in jeder beliebigen Höhe vermittelst einer Schraube festgehalten werden kann. Die eisernen

1) Gegenwärtig sind um den Eisenkern 8 Lagen Kupferdraht gewunden, wodurch die magnetische Kraft bedeutend verstärkt wird. Wahrscheinlich werden die eine oder die andere der später beschriebenen Curven hierdurch Modificationen erhalten, was ich aber keine Gelegenheit gehabt habe untersuchen zu können. Ueberhaupt haben sich mir noch manche Fragen aufgestellt, deren Beantwortung ich aus Mangel an Zeit und Gelegenheit nicht habe suchen können. So wäre es unter andern interessant, zu erfahren, ob die Wirkung des Magnetismus nach aufsen in einem starken (z. B. Logeman'schen) Stahlmagneten eine verschiedene sey, wenn der Anker *mit* oder *ohne* Belastung vorgelegt ist.

Anker, die zunächst für andere Zwecke angefertigt waren, deren ich mich aber bei meinen Untersuchungen bedient habe, sind: 1) Ein grofser, der Länge nach in der Mitte durchbohrter Anker, 364^{mm} lang und 67,5^{mm} breit und hoch; 2) Zwei parallelepipedische Halbanker, jeder 189^{mm} lang, 67,5^{mm} breit und 27^{mm} hoch; 3) Ein Conus 98,5^{mm} im Durchmesser, auf 4,5^{mm} cylindrisch und von da zugespitzt bis zur Höhe von 28^{mm}.

Der in diesem Magnet durch einen galvanischen Strom erregte Magnetismus ist aufserordentlich stark. Schon der Strom eines einzigen Grove'schen Elementes reichte hin, um den ganzen etwa 140 Kilogr. schweren Apparat, und wahrscheinlich noch viel mehr, an dem aufgelegten grofsen Anker aufzuheben. Während der Strom durchging, war es unmöglich, den vorgelegten grofsen Anker zu bewegen und nach Unterbrechung des Stromes wurde der Anker noch mit solcher Gewalt festgehalten, dafs die Kraft eines starken Mannes nöthig war, um ihn abzuschieben. Eine Prüfung des Magnetismus mit einem Schlüssel auf der Polfläche liefs schon deutlich erkennen, dafs nicht alle Punkte derselben gleich stark magnetisch waren, und namentlich, dafs nach den Kanten hin der Magnetismus stärker war. Ich stellte mir zunächst die Aufgabe, genau die Art der Vertheilung des Magnetismus auf diesen Polflächen und nachher auf aufgelegten Ankern zu bestimmen. Während der Untersuchung erweiterte sich die gestellte Aufgabe und auch das, was hier folgt, ist nur die Beantwortung eines Theils der Fragen, die sich in sehr verschiedenen Beziehungen mir entgegenstellten.

Da die verschiedenen Methoden, die Intensität des Magnetismus an verschiedenen Stellen eines Magneten zu bestimmen, namentlich auch die Coulomb'sche, hier nicht anwendbar waren, so kam ich auf den Gedanken, diefs direct durch Bestimmung der Kraft zu thun, die nöthig ist, um ein kleines von einem bestimmten Punkte angezogenes Eisenstück abzuziehen. In wiefern mir diefs gelungen sey,

wird die Beschreibung der dazu nöthigen Apparate, des Operirens selbst, und der dadurch gefundenen Resultate lehren.

An einer Wage, welcher bei einer Belastung von 500^{gr} noch 0,5^{gr} ausschlägt und an welcher wegen der Nähe des Magneten Nichts von Eisen gearbeitet ist, hängt auf der einen Seite eine Schale, auf der andern ein aequilibrirendes Gewicht, woran durch einen Seidenfaden ein kleines 1,7^{gr} schweres und 16^{mm} langes 4,5^{mm} dickes Eisenstäbchen befestigt ist. Will ich z. B. die Stärke des Magnetismus irgend eines Punktes auf der Polfläche des beschriebenen Magneten bestimmen, so stelle ich die Wage so auf den oben beschriebenen Tisch, dafs, wenn die Wage im Gleichgewicht ist und das Eisenstäbchen den bestimmten Punkt berührt, die Wagschale noch etwa 5 — 10^{mm} von der Tischplatte entfernt ist. Wird nun beim Durchschicken eines Stromes das Eisenstäbchen festgehalten, so schütte ich auf die Wagschale so lange feinen Bleischrot hinzu, bis dafs Stäbchen abreifst.

Bei der Wahl des Eisenstäbchens kommen zwei Fragen in Betracht: die Gröfse und die Form. Die Gröfse mufste so genommen werden, dafs das Gewicht, welches zum Abziehen nöthig war, nicht zu grofs für die Wage und nicht zu klein für die Unterschiede der verschiedenen Punkte war. Diese war jedoch bald durch einige Versuche gegeben. Ueber die Form war ich länger im Zweifel, zwar nicht, dafs es ein cylindrisches seyn mufste, sondern darüber, wie die das Eisen berührende Seite beschaffen seyn sollte. Bei Abwägungen von glatten Flächen mufste ich wegen der grofsen Unregelmäfsigkeit des Losreifsens eine plane Form gleich verwerfen. Dafs aber auch von vorstehenden Kanten und Ecken ein zugespitztes am genauesten und regelmäfsigsten abgezogen wurde, ging aus folgenden Beobachtungen, (die ich zu einem andern, später näher zu bezeichnenden Zwecke anstellte) hervor. Die Abwägungen geschahen von dem auf den einen Pol aufgesetzten oben beschriebenen eisernen Conus. Unter übrigens gleichen

Umständen ergaben ein planes (*a*), ein abgerundetes (*b*) und ein zugespites (*c*) Stäbchen folgende Gewichte:

a.	*b.*	*c.*
85,3^{gr}	79,2^{gr}	57,5^{gr}
91,7	79	57,4
88	83,4	
86	80,7	
87	80,8	
57,2	54,1	45,6
57	54	45,5
	28,7	35,5
	33	35,4
	29,7	
	32.	

Bei allen folgenden Beobachtungen hatte ich zur Controle des constanten Stromes, wozu ich mich *eines* Grove'schen Elementes bediente, in hinlänglich grofser Entfernung vom Magneten eine Tangentenbussole mit einem Rheostaten eingeschaltet, so dafs die Nadel, wo es nicht anders besonders bemerkt ist, immer genau 20° abgelenkt wurde.

Ueber die Vertheilung des Magnetismus auf den Polflächen und den aufgelegten Ankern.

Ueber die Vertheilung des Magnetismus an einem Magnet sind bisher, so viel ich weifs, keine andern Untersuchungen gemacht worden, als die bekannten Coulomb's und später Kupffer's, wodurch sie die Intensitätscurve eines geradlinigen Stahlmagneten bestimmt haben. Ich werde hierauf später zurückkommen. Es soll jetzt zunächst meine Aufgabe seyn, die Stärke des Magnetismus an den verschiedenen Punkten einer Polfläche zu untersuchen. Im Allgemeinen ist durch alle folgenden Versuche bestimmt, *dafs der Magnetismus an den Kanten stärker ist, als auf den Flächen, und dafs er, je weiter von den Kanten, um so schwächer wird.* Bei symmetrischer Form einer solchen Polfläche, müssen die Isodynamen (Verbindungslinien der

Punkte, wo die Stärke des Magnetismus gleich ist) nothwendig symmetrisch seyn. So müssen z. B., wenn obiger Satz richtig ist, auf der glatt polirten Polfläche eines cylindrischen Magnetstabes der Minimumspunkt im Centrum, das Maximum in der Peripherie und die Isodynamen auf concentrischen Kreisen liegen. Ein einfacher Versuch, den ich an der glatt polirten Polfläche eines 24^{mm} dicken Eisencylinders anstellte, indem ich durch eine um denselben gewundene Spirale den Strom eines Grove'schen Elementes ohne Einschaltung einer Nadel schickte, gab beim Abwägen in der Mitte 25^{gr}, am Rande 31^{gr}. Das Verhältnifs dieser Zahlen hängt nun von der Stromstärke (*respective* bei Stahlmagneten von der Stärke des Magnetismus) ab und zwar so, *dafs bei schwächerem Magnetismus das Verhältnifs zwischen der Stärke der Mitte und des Randes gröfser ist, als bei stärkeren.* Die Richtigkeit dieses Satzes wird später durch Zahlen bestätigt werden.

Bei hufeisenförmigen Magneten stellt sich dieses zum Theil anders heraus und zwar in Folge der gegenseitigen Induction der beiden Pole. Nenne ich auf der einen Polfläche die Linie, welche die Mittelpunkte beider verbindet, die axiale Linie, und diejenige, welche senkrecht dieser, den Mittelpunkt durchschneidet, die aequatoriale, so ist klar, dafs zu beiden Seiten der axialen Linien Alles symmetrisch seyn mufs. Stelle ich nun die Stärke des Magnetismus auf diesen Linien durch Curven dar (wo die Abscissen durch die Eintheilung der Linien, die Ordinaten durch die Gröfse der abgewogenen Gewichte bestimmt werden) so werden diese Modificationen erleiden, je nachdem die Pole ungleichnamig oder gleichnamig sind, oder nur einer magnetisch erregt ist. Aufserdem wird hier von mehr untergeordnetem Einflusse seyn die Entfernung der Pole von einander und die Stärke des Stromes. Dafs der Einflufs dieser beiden letztern Umstände auf die Gestaltung der Curven in der That kein wesentlicher ist, wird aus dem Spätern klar hervorgehen.

Ich habe nun zur Bestimmung der Curven viele Abwä-

gungen gemacht und die Zahlen, die ich hier gebe, sind Mittel, gröfstentheils aus mehreren, wenigstens aus zwei verschiedenen Abwägungen, die aber gewöhnlich nahe übereinstimmten. Nur wenn ich unter sonst gleichen Verhältnissen an verschiedenen Tagen abwog, fand ich Unterschiede von oft mehreren Grammen, welche Zahlen ich in diesem Falle auf die andern reducirt habe. Den Grund dieser scheinbaren Unregelmäfsigkeit werde ich später erläutern.

I. Die Bestimmung der Stärke des Magnetismus an den verschiedenen Punkten der Polfläche.

Gehen wir jetzt über zur Bestimmung der Stärke der verschiedenen Punkte der Polfläche. Wir unterscheiden hier folgende Fälle: *A.* Die Pole sind ungleichnamig; *B.* Die Pole sind gleichnamig; *C.* Nur ein Pol ist magnetisch erregt.

A. Die Pole sind ungleichnamig.

Um die einzelnen Punkte der Fläche bezeichnen zu können, ist die ziemlich kreisrunde Polfläche durch Durchmesser in Bogen von 10° eingetheilt und durch diese Durchmesser sind 8 concentrische Kreise in gleichen Abständen gezogen, welche ich von aufsen her 1, 2, 3 u. s. w. nenne. Der Nullpunkt der Kreistheilung ist dem andern Pol am nächsten und nach beiden Seiten sind die Grade 10° 20° u. s. w. aufgezeichnet, so dafs der vom andern Pole entfernteste Punkt 180°; 1 heifst. Auf diese Weise kann ich jeden Punkt durch die Bezeichnung 10°; 2 90°; 5 etc. bestimmen. Natürlich brauchte ich nicht von allen Punkten abzuwägen, da 1) auf beiden Seiten sich nothwendig Symmetrie herausstellen mufste, (was auch durch Versuche bestätigt wird) 2) an den sich nahen Punkten zur Seite nur sehr geringe Unterschiede stattfanden und 3) es sich doch hauptsächlich um die Art der Curve und die Lage des Minimumspunkts handelte. Eben defshalb habe ich auch in der Nähe der Mitte noch Zwischenpunkte $5\frac{1}{2}$, $6\frac{1}{2}$, $7\frac{1}{2}$ und

$8\frac{1}{2}$ abgewogen. Um die Polfläche möglichst rein zu erhalten, habe ich die Eintheilung auf ein Papier gezeichnet und die einzelnen Theilpunkte mit einem Locheisen ausgeschlagen und dieſs Papier mittelst einiger Wachsstücken auf den glatt polirten Pol festgeklebt.

So wie es überflüssig gewesen wäre, von allen Punkten abzuwägen, ebenso überflüssig wäre es auch hier, alle geschehenen Abwägungen aufzuzeichnen. Ich begnüge mich daher, nur die Resultate derjenigen Abwägungen hier zu geben, die zur Bestimmung der gezeichneten Curven gedient haben.

In dem Falle also, wo die Pole ungleichnamig sind, erhielten wir für die axiale Linie folgende Zahlen:

0°; 1.	61,1gr	180°; 1.	51,6gr		
2.	52,7	2.	45,1		
3.	46,6	3.	39,8		
4.	42,1	4.	37,3		
5.	39,7	5.	36,2	$5\frac{1}{2}$	35,8gr
6.	38,4	6.	35,1	$6\frac{1}{2}$	34,1
7.	37,6	7.	33,7	$7\frac{1}{2}$	33,7
8.	36,2	8.	34	$8\frac{1}{2}$	34,3
die Mitte v.		9.	35.		

Wir sehen aus diesen Zahlen, dafs der Punkt des Maximums auf 0°; 1, also dem andern Pole am nächsten liegt, der Minimumspunkt aber von der Mitte weg nach der andern Seite gerückt ist. Die aus obigen Zahlen dargestellte Curve ist Fig. 6 Taf. I. *ab*.

Betrachten wir nun die Abwägungen auf der aequatorialen Linie, so erhalten wir die Zahlen:

90°; 1.	54,2gr	90°; 5.	37gr
2.	45,5	6.	35,5
3.	40,4	7.	35
4.	38	8.	35
		9.	35gr

und beschreibe ich aus diesen die Curve, so erhalte ich die symmetrische Fig. 6 Taf. I. *cd*.

Ebenso kann ich aus den Abwägungen die Curve für jeden andern Durchmesser bestimmen, welche sämmtlich zwischen beiden liegen und natürlich alle denselben Durchschnitt haben müssen. Als Beispiel dienen noch folgende Abwägungen:

50°;	1.	56,5^{gr}	130°;	1.	53,9^{gr}
	3.	42,6		3.	40
	5.	37,8		5.	36,4
	7.	35,5		7.	35

9. 35 Gr.

Fassen wir nun die einzelnen Isodynamen ins Auge, so müssen diese um den Punkt des Minimums geschlossene Curven (vielleicht Kreise) bilden, von welchen von da ab, wo von einem Punkte auf der Fläche (zwischen 0°; 2 und 0°; 3) ebenso viel abgewogen wird als von 180°; 1, nur noch Bogenstücke auf der Polfläche bleiben, welche immer kleiner sind, bis die letzte Curve die Polfläche nur in 0°; 1 berührt.

B. Die Pole sind gleichnamig.

Ob beide Pole Nordpolarität oder beide Südpolarität haben, kann hier ebenso wenig in Betracht kommen, als das: ob die vorhergehenden Abwägungen von dem Nordpol oder Südpol geschehen seyen. So wie sich die ungleichnamigen Pole eines magnetischen Hufeisens induciren, (sich gegenseitig verstärken), ebenso induciren sich zwei gleichnamige Pole zum Nachtheil, (sie schwächen sich). Wir können also schon voraus bestimmen, dafs die Zahlen der Abwägungen nicht so grofs wie vorher sind, und dafs der Punkt des Maximums wenigstens nicht in 0°; 1 liegen kann. Dieser ist nämlich jetzt in 180°; 1 der Punkt des Minimums dagegen ist vom Centrum dem anderen Pole näher gerückt, wie wir an der aus folgenden Zahlen gefundenen Curve Fig. 6 Taf. I. *ef* sehen:

0°;	1.	27,9gr	180°;	1.	32,1gr
	2.	24,7		2.	27,5
	3.	22,1		3.	23,8
	4.	20,6		4.	22,2
	5.	18,3		5.	20,1
	6.	17,4		6.	19,3
	7.	16		7.	18,6
	8.	16,1		8.	17,4
	9.	16,6gr			

Die dieser entsprechende Curve für die aequatoriale Linie ist Fig. 6 Taf. I. *g h* gezeichnet aus folgenden Zahlen:

90°;	1.	30,8gr	90°;	5.	19gr
	2.	27		6.	17,9
	3.	22,9		7.	17,4
	4.	21,5		8.	17
	9.	16,6gr			

Hier gilt natürlich dasselbe, wie vorher, dafs die Curven aller andern Durchmesser zwischen diesen beiden liegen müssen, dafs die Isodynamen excentrisch vom Mittelpunkte der Polfläche, concentrisch um den Punkt des Minimums liegen, u. s. w. Eine Vergleichung dieser Curven mit den früheren finden wir am Schlusse dieses Theils.

C. Nur ein Pol ist magnetisch erregt.

Hier müssen wir unterscheiden zwischen dem erregten und dem blofs inducirten.

1. Der magnetisch erregte Pol.

Wollen wir hier auch die Stärke des Magnetismus voraus bestimmen, so sehen wir, dafs er schwächer seyn mufs, als wenn beide Pole ungleichnamig durch den galvanischen Strom erregt sind, aber immer weit stärker, als bei gleichnamigen Polen. Was die Art der Curve und die Lage des Minimums und Maximums betrifft, so mufs diefs im Allgemeinen sich verhalten wie in *A.*, wird aber wegen der schwächeren Induction modificirt werden.

Die Zahlen für die axiale Curve Fig. 6 Taf. I, *ef* sind:

0°;	1.	46,9gr	180°;	1.	44,6gr
	2.	40,8		2.	38'9
	3.	35,8		3.	33,5
	4.	32,5		4.	31,8
	5.	30,9		5.	30
	6.	30,3		6.	29
	7.	28,9		7.	27,9
	8.	28,3		8.	27,8
	9.	28gr			

Die Zahlen für die aequatoriale Curve Fig. 6 Taf. I. *gh* sind:

90°;	1.	45,2gr	90°;	5.	30,2gr
	2.	40		6.	29,2
	3.	34		7.	28,1
	4.	32		8.	28,1
	9.	28gr			

Diese beiden Curven müssen nothwendig nahe zusammenliegen, weil die Induction von dem nicht magnetisch erregten Pol nicht so einflufsreich seyn kann.

2. Der nicht magnetisch erregte Pol.

Wir finden in diesem Falle den Magnetismus stärker, als man bei oberflächlicher Ueberlegung vermuthen sollte. Bedenken wir aber, dafs nicht nur die Induction durch den andern Schenkel, sondern auch der galvanische Strom selbst durch das Eisen im vortheilhaften Sinne wirkt, so finden wir es nicht so auffallend. Die Kraft ist im Allgemeinen nur wenig schwächer, als bei *B*. Folgende sind die Zahlen für die beiden Curven Fig. 6 Taf. I. *no* und *pq*, von denen aber nur die cursiv gedruckten Zahlen wirklich abgewogen sind; die andern sind aus der Analogie der frühern berechnet.

Für die axiale Curve *no:*

0°;			180°;		
	1.	26^{gr}		1.	22,2^{gr}
	2.	21,5		2.	18
	3.	18,7		3.	15,8
	4.	16,8		4.	14
	5.	15,9		5.	13
	6.	15		6.	12,7
	7.	14,3		7.	12,2
	8.	13		8.	12,3
	9.	12,5^{gr}			

Für die aequatoriale Curve *pq:*

90°;			90°;		
	1.	22,5^{gr}		5.	13,8^{gr}
	2.	18,5		6.	13,2
	3.	16,6		7.	12,6
	4.	15,4		8.	12,5
	9.	12,5^{gr}			

Vergleichen wir nun die vier aequatorialen Curven mit einander, so finden wir, dafs ihre Höhlungen nicht sehr von einander verschieden sind, mit andern Worten, dafs der Unterschied zwischen den Abwägungen des Maximums und Minimums nicht sehr grofs ist. Reduciren wir dieselben aber auf dieselbe Höhe, z. B. auf *cd*, so finden wir, dafs ihre Höhlungen um so gröfser werden, je geringer der Magnetismus auf der Polfläche ist, dafs also der oben (S. 326) ausgesprochene Satz richtig ist: Das Verhältnifs zwischen Minimum und Maximum hängt ab von der Stärke des Magnetismus.

Die auf diese Weise reducirten Curven sind in Fig. 7 Taf. I. zusammengestellt.

II. Bestimmung des Magnetismus an verschiedenen Punkten des grofsen aufgelegten Ankers.

Wenn wir an einen hufeisenförmigen Magneten einen Anker anlegen, so versteht sich von selbst, dafs dieser zum Magneten wird. Ebenso versteht es sich von selbst, dafs der Magnetismus sich verschieden über die Oberfläche desselben vertheilt, je nachdem die beiden Pole ungleichnamig

er gleichnamig sind, oder nur einer magnetisch inducirt

Auf welche Weise sich derselbe vertheile, wo das ximum, wo das Minimum sey, möchte nicht so leicht aus zu sagen seyn. Wir wollen hier die drei Fälle beiders betrachten. Der Anker wurde genau symmetrisch er beide Pole gelegt, die obere Fläche nach der breiten chtung halbirt, nach der Längenrichtung in 16 gleiche eile getheilt.

A. Die Pole sind ungleichnamig.

In der Mitte bildet sich ein Indifferenzpunkt und von muſs bis an die Enden der Magnetismus zunehmen. Ich be die Mitte des Ankers 0 und von hier bis zum Ende einzelnen Theilstriche 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, genannt. an den beiden in Fig. 9 Taf. I. gezeichneten Curven giebt eine die Intensität der Mittellinie, die andere die der nte. Die Zahlen, die sich ergeben, sind:

auf der Mittellinie:		auf der Kante:	
0.	0 Gr	0.	0 Gr
½.	2 ,5	½.	3 ,6
1.	6 ,2	1.	7 ,5
		1½.	13
2.	12,2	2.	18
		2½.	24
3.	17,3	3.	28
4.	23,1	4.	33,8
5.	25	5.	35,1
6.	26,3	6.	37,7
7.	29,3	7.	38,4
8.	37,7	8.	48,1.

Wir sehen, daſs die beiden Curven ziemlich gleichmäſs laufen, daſs sie aber beide in der Gegend des 4. Theilstrichs mehr oder weniger horizontal zu laufen beginnen. Dieſs hängt wohl unstreitig damit zusammen, daſs hier der Schenkel des Hufeisens beginnt, welcher die Curve vom Indifferenzpunkte bis dahin schnell steigen lieſs. Die an-

dere Wendung der Curve hängt nur mit der oben ausgesprochenen Kantenwirkung zusammen.

B. Die Pole sind gleichnamig.

Dafs hier zunächst eine symmetrische Curve entstehen mufs, liegt auf der Hand. Ueberlegen wir nun, welcher Art diese Curve wohl seyn werde, so schliefsen wir auf zwei Maxima, eins an den Enden und eins in der Mitte, wo sich dann der den gleichnamigen Polen gleiche Magnetismus gebildet haben würde. Und sehr wahrscheinlich würde dieses auch bei weit auseinander stehenden Polen und einem langen Anker der Fall seyn. Hier aber ist derselbe (entgegengesetzte) Magnetismus ziemlich gleichmäfsig über die ganze Länge des Ankers vertheilt und nur die Kantenwirkung bringt eine Biegung in der Curve hervor, Fig. 10 Taf I. Dafs man die Abwägungen von 0 bis 5, die nicht um 1^{gr} von einander differiren, als gleich betrachten kann, bedarf wohl kaum der Erwähnung. Die Zahlen dieser beiden Abwägungen sind folgende:

auf der Mittellinie:		auf der Kante:	
0.	14,6^{gr}	0.	23,6^{gr}
1.	15,1	1.	23,4
2.	14,5	2.	23,4
3.	14,6	3.	24
4.	14,5	4.	23,5
5.	14,6	5.	23,7
6.	17,9	6.	26,1
7.	21,6	7.	28,6
8.	30	8.	40,6.

C. Nur ein Pol ist magnetisch erregt.

Da hier in Beziehung auf die Mitte keine Symmetrie seyn kann, so mufs über dem ganzen Anker abgewogen werden und ich nenne den äufsersten Punkt des Ankers, der nicht auf dem inducirten Schenkel liegt, 0 und zwar von hier aus die Theilstriche 1, 2, 3... bis 16. Wir erwarten hier eine ähnliche Curve, wie bei ungleichnamigen

Polen, nur dafs der Indifferenzpunkt zum nicht erregten Pol rücken müfste. Die verschiedenen Abwägungen, aus welchen wir die beiden Curven in Fig. 11 Taf. I. construirt haben, sind:

auf der Mittellinie:				auf der Kante:			
0.	0^{gr}	9.	8,3^{gr}	0.	0^{gr}	9.	14,2^{gr}
1.		10.	10,5	1.		10.	17,8
2.		11.	13,3	2.		11.	20,4
3.		12.	17	3.		12.	25,1
4.		13.	18,3	4.		13.	26,6
5.	0,25	14.	19,8	5.	0,5	14.	27,5
6.	2, 3	15.	21,1	6.	3,8	15.	28,8
7.	5	15½.	23,9	7.	6,3	15½.	31,5
8.	7,1	16.	29,8	8.	9,6	16.	37,5.

Wir finden hier, was wir nicht erwartet hätten, dafs auf der ganzen Fläche des Ankers, welche gerade über dem einen nicht inducirten Schenkel liegt, keine Spur von Magnetismus vorhanden ist, nach der andern Seite sich die Curve auf gleiche Weise gestaltet, wie in dem Falle II *A*. Warum auf dieser verhältnifsmäfsig grofsen Strecke keine Spur von Magnetismus ist, läfst sich wohl schwerlich angeben. Ebenso wenig wird es wohl *a priori* bestimmt werden können, ob unter allen Umständen bei derselben Einrichtung hier keine magnetische Wirkung nach aufsen hin stattfinde, oder, wenn sie stattfindet, wie die Vertheilung des Magnetismus sich dann ergeben werde.

III. Die Bestimmung des Magnetismus bei verschiedener Entfernung der beiden parallelepipedischen Halbanker.

Es ist eine Thatsache, die sich allerdings aus dem Gesetze der Induction schliefsen läfst, dafs der Magnetismus der beiden ungleichnamigen Schenkel eines Hufeisens um so mehr verstärkt wird, je näher sie einander stehen. Bei gleichnamigen Polen wird das umgekehrte stattfinden. Diese Verstärkung resp. Schwächung kann nun schon durch die Annäherung zweier aufgelegter Halbanker bewirkt werden. So viel ich weifs, hat zuerst Hr. Plücker die Annäherung

zweier Anker dazu benutzt, um den Magnetismus gleichsam zu concentriren. (Diese Annalen Bd. LXXII, S. 315 und folgende.) Um nun eine Anschauung davon zu geben, auf welche Weise die Zunahme des Magnetismus stattfinde, habe ich die S. 323 beschriebenen Halbanker auf die Pole gelegt und in der Mitte (*a*) und an einer Ecke (*b*) der dem andern Pole zugewandten Kante bei verschiedener Entfernung der Halbanker, von 162^{mm} (6″ Par.) ab, abgewogen. Folgende sind die Resultate der Abwägungen.

Bei einer Entfernung von

162^{mm}	oder 6″ Par.		auf *a* 57^{gr}	*b* 73,2^{gr}
137	5		63,7	77
108	4		68,4	83,3
81	3		71,7	86,2
54	2		86,3	102,5
40,5	1	6‴	95,8	107,1
27	1		111,7	128,5
22,5		10	121,6	139,3
18		8	136,1	147,2
13,5		6	150	163
9		4	172,8	193,2
4,5		2	196,4	207
2,25		1	201,6	213,5.

Stellen wir aus diesen Zahlen die beiden Curven Fig. 8. Taf. I. dar, so sehen wir, dafs der Magnetismus bei gröfserer Annäherung sehr schnell wächst. Natürlich mufs dieses Wachsen eine Gränze haben und diese liegt zwischen der Entfernung von 2,25^{mm} und der gänzlichen Berührung. Wenn diese Berührung vollkommen wäre, so würde nach II. 1. gar kein Magnetismus nach Aufsen wirkend da seyn können. Die Abwägung ergab aber in der Mitte noch ein Gewicht von 13^{gr}. Dafs aber schon vor der unmittelbaren Berührung die Spannung des Magnetismus abgenommen hatte, ergab sich daraus, dafs, als ich ein ziemlich dickes Glimmerblättchen zwischen die beiden Halbanker gebracht hatte, nur noch ein Gewicht von 25,3^{gr} nö-

nöthig war, um das Eisenstäbchen abzureifsen. Die Curven erhalten also zwischen der Entfernung von 1,25^{mm} in der gänzlichen Berührung einen Wendepunkt, der auch in der Figur angedeutet ist.

Dieselben Abwägungen bei gleichnamigen Polen würden zeigen, dafs bei Annäherung der beiden Halbanker der Magnetismus geschwächt wird.

Ein Experiment über die Zunahme der Induction durch gröfsere Eisenmassen.

Legen wir dem einen Pole unseres Magneten Eisenstücke auf, so verstärken wir den Magnetismus desselben. Wir schliefsen, dafs auch in diesem Falle die Induction auf den andern Pol beträchtlicher sey. Folgendes Experiment mag die Richtigkeit dieses Schlusses durch Zahlen erläutern. Dafs diese Verstärkung der Induction bei ungleichnamigen Polen sich in einer Zunahme, bei gleichnamigen in einer Abnahme des Magnetismus zeigen müsse, ist klar.

Bei ungleichnamigen Polen war, um das Stäbchen von dem dem einen Pole aufgelegten Eisenkonus abzuziehen, ein Gewicht von 50,4^{gr} nöthig. Legte ich nun auf den andern Pol die beiden Halbanker, so erhielt ich ein Gewicht von 55,2^{gr}. Wurde nun noch der grofse Anker zugelegt, so stieg das zum Abreifsen nöthige Gewicht auf 59,8^{gr}.

Bei gleichnamigen Polen erhielt ich ohne Aufsätze 27^{gr}, nach Auflegen der beiden Halbanker 25^{gr}, und endlich waren nach Auflegen des grofsen Ankers nur noch 20,8^{gr} nöthig, um das Stäbchen abzureifsen.

Ueber das nach Unterbrechung des magnetisirenden Stromes in einem Elektromagneten zurückbleibende Residuum.

Unerklärlich war es mir lange Zeit, dafs irgend ein bestimmter Punkt auf der Polfläche, obwohl er an dem-

selben Tage, auch nach 2 bis 3 Stunden, (wenn die Nadel der Bussole noch dieselbe Stromstärke anzeigte) fast genau (selten mit einem Unterschiede von 0,5^{gr}) dasselbe Gewicht gab, an andern Tagen aber unter *ganz denselben* Verhältnissen häufig (nicht immer) einen Gewichtsunterschied bis zu 4^{gr} zeigte und dieses Gewicht für denselben Tag consequent anzog. Ebenso unerklärlich war mir folgendes: Wenn ich bei gleichnamigen Polen die Stärke des Magnetismus durch Abwägen von dem dem einen Pole aufgelegten Konus prüfte, so war der Magnetismus des einen *immer* um einige Gramme stärker, als der des andern. Den Grund dieser letzten Erscheinung suchte ich zunächst in der Einwirkung des Erdmagnetismus, da der Magnet zufällig in der Richtung des magnetischen Meridians stand. Dafs dieser aber nicht der Grund war, ging daraus hervor, dafs die Messungen dieselben Resultate lieferten, nachdem ich den Magneten senkrecht zum magnetischen Meridian, und ebenso, nachdem ich ihn ganz herumgestellt hatte. Mir war da kein Zweifel mehr, dafs die beiden Anomalien denselben Grund haben mufsten, und ich suchte ihn jetzt in dem im Eisen zurückbleibenden Residuum von Magnetismus. Bekanntlich bleibt in dem Eisenkern eines Elektromagneten, dem ein Anker vorgelegt ist, nach dem Oeffnen der Kette noch ein beträchtliches Residuum von Magnetismus zurück, welches bei unserm Magneten so grofs ist, dafs der grofse vorgelegte Anker nach dem Oeffnen der Kette auch nur *eines* Grove'schen Elementes kaum von *einem* Manne heruntergeschoben werden kann. Viele glauben irrthümlich, dafs nach Wegnahme des Ankers keine Spur von Magnetismus im Eisen zurückbleibe [1]); denn wenn wir den grofsen Anker auf unsern nicht magnetisirten Eisenkern legen, so haftet er durch die gegenseitige Induction nach einiger Zeit wieder so stark, dafs er nur mit Mühe wieder herunter zu bringen ist. Wir können aber auch das in den nicht armirten Schenkeln zurückge-

1) Baumgartner's Naturlehre, S. 474.

bliebene Residuum von Magnetismus direct durch Abwägen vom Konus bestimmen, wo wir immer noch ein Gewicht bis zu 5^{gr} zum Abziehen des Eisenstäbchens nöthig haben. Um nun die Beziehungen aufzufinden, in welchem jenes Residuum zu den oben angeführten Anomalien stehe, bin ich auf folgende Weise verfahren: Die Art des Residuums, nämlich in welchem Schenkel Nordmagnetismus, in welchem Südmagnetismus sey, wurde durch eine mit einem Pole an einem Faden aufgehängte Magnetnadel geprüft. Dann wurden, um gröfsere Gewichte zu erhalten, bei welchen der Beobachtungsfehler natürlich geringer ist, die Pole gleichnamig gemacht, wo dann der Pol, dessen magnetisches Residuum der gleichnamigen Polarität entsprach, ein gröfseres Gewicht beim Abreifsen zeigen mufste.

Statt vieler hier nur *eine* Beobachtung:

Der Magnet steht ungefähr in der Richtung des magnetischen Meridians und hat in dem Schenkel nach Norden Südpolarität. Nachdem beide Pole zu Nordpolen gemacht waren, ergaben sich die Gewichte auf dem Schenkel nach Norden 29,5^{gr}, auf dem nach Süden 34,7^{gr}. Um mich nochmals davon zu überzeugen, ob und was für Einfluſs der Erdmagnetismus auf das Residuum habe, setzte ich den Eisenkern durch einen hölzernen Hammer in vibrirende Bewegung. Da sich aber beim Abwägen wiederum dieselben Zahlen 29,5^{gr} und 35^{gr} auf denselben Schenkeln ergaben, hielt ich mich berechtigt, diese Wirkung gänzlich zu vernachlässigen. Jetzt ging ich darauf, den Einfluſs des galvanischen Stromes zu prüfen. Nachdem der Strom von einem Element bei ungleichnamigen Polen in günstiger Richtung eine kurze Zeit durchgeschickt war; zeigte sich keine Aenderung in den Abwägungen. Als er aber nur kurze Zeit in entgegengesetzter Richtung durchgegangen war, zeigte sich schon die Art des Residuums umgekehrt, nämlich nach Norden Nord-, nach Süden Südmagnetismus. Die Abwägungen ergaben, beide Pole Nordpole, auf dem Schenkel nach Norden 33^{gr}, auf dem nach Süden 31,3^{gr}. Einige

andere Versuche mit stärkern Strömen ergaben, was auch zu vermuthen war, dafs die Gröfse des Residuums von der Stärke des Stromes abhängt. *Es wird also die Art und Gröfse des Residuums nur durch die Richtung und Stärke des zuletzt durchgeschickten Stromes bestimmt.*

Machen wir uns die Sache noch etwas anschaulicher. Wenn z. B. im Pole *A* das Residuum Nordmagnetismus *n*, im Pole *B* Südmagnetismus *s* ist, und schicken wir einen Strom durch, der in *A* Nordmagnetismus *N*, in *B* Südmagnetismus *S* erregt, so erhalten wir in *A*: $N+n$ und in *B*: $S+s$. Schicken wir dagegen den Strom in entgegengesetzter Richtung durch, so erhalten wir in *A*: $S-n$ und in *B*: $N-s$. Wir sehen also, dafs obige scheinbare Anomalien vollkommen erklärt sind.

Ueber die Stärke der Induction der beiden Schenkel auf einander bei verschiedener Stromstärke.

Bei allen vorhergehenden Untersuchungen hatten wir immer dieselbe Stärke des magnetisirenden Stromes. Dafs diese, mithin auch die dadurch hervorgebrachte Gröfse des Magnetismus, hinsichtlich der Induction der Schenkel aufeinander eine nicht unbedeutende Rolle spielen mufs, liegt auf der Hand. Und wenn wir die im Vorhergehenden gemachten Erfahrungen in Ueberlegung ziehen, so können wir mit ziemlicher Sicherheit schliefsen, dafs die Gröfse der inducirenden Wirkung der beiden Schenkel auf einander abnehmen mufs mit der zunehmenden Stärke des Stromes. Folgendes mag zeigen, dafs dieser Schlufs richtig ist: Vermittelst des eingeschalteten Rheostaten konnte ich die Nadel der Tangentenbussole auf 15° und 10° Abweichung zurück und ebenso (mit Hülfe eines zweiten Grove'schen Elementes) auf 25° 30° und 35° vorwärts bringen. Zunächst will ich hier die Resultate der Abwägungen, die ich sowohl bei gleichnamigen, als bei ungleichnamigen Polen von dem dem einen Pole aufgelegten Konus gemacht habe, aufzeichnen

	Bei ungleichnamigen Polen:	Bei gleichnamigen Polen:
10°	35,5^{gr}*	9,1^{gr}
15°	45,6*	18,5
20°	57,5*	27,3
25°	69,6	35,2
30°	83,3	42,5
35°	101,2	53

Wir sehen hieraus, *dafs bei schwächerem Magnetismus die Induction der Schenkel auf einander bei weitem gröfser ist, als bei stärkerem.*

Betrachten wir das Verhältnifs, in welchem bei gleicher Stromstärke die Stärke des Magnetismus bei gleichnamigen Polen zu der bei ungleichnamigen Polen steht,

für 10°	3,901
15°	2,476
20°	2,106
25°	1,977
30°	1,915
35°	1,909

so finden wir, dafs bei stärkern Strömen die Induction der Schenkel auf einander nur eine *geringe* Wirkung ausübt. Um die Stärke des um 35° ablenkenden Stromes sich ungefähr vorstellen zu können, erwähne ich, dafs ein Grove'sches Element ohne andern Widerstand bei ungleichnamigen Polen etwa 93 bis 94^{gr} abziehen läfst. Leider konnte ich diese Untersuchung für stärkere Ströme nicht fortsetzen, da der sehr dünne Messingdraht des Rheostaten schon bei der Abweichung der Nadel von 35° sehr warm wurde und mir zur Regulirung gröfserer Stromstärke kein anderer zu Gebote stand.

In der neuesten Zeit hat man mehrfach die Gesetze der HH. Lenz und Jacobi in Zweifel gezogen und das eine oder andere Gesetz als unzureichend durch Versuche

*) Es sind diefs die Zahlen, die ich in der Einleitung S. 325 angeführt habe.

nachgewiesen, so namentlich Hr. Dub in diesen Annalen, Bd. 74, S. 465 u. folg. Vielleicht möchte unsere Methode das einfachste Mittel abgeben, um die fraglichen Gesetze *alle* einer nochmaligen Prüfung zu unterwerfen, indem man die Untersuchung nicht auf geradlinige Eisenstäbe zu beschränken brauchte, sondern auch auf Hufeisenmagnete ausdehnen könnte.

Ueber die Vertheilung des Magnetismus auf einem regelmäfsig magnetisirten Stahlstab.

Wie bekannt, hat Coulomb vermittelst Schwingungen und durch die Torsionswage Zahlen gefunden, woraus er eine Intensitätscurve des Magnetismus für einen regelmäfsig magnetisirten Stahlstab dargestellt hat. (Fig. 13 Taf. I. *B.*) Der von ihm gemessene Stab war 4,5^{mm} dick und 724,5^{mm} lang. Es läfst sich wohl *a priori* behaupten, dafs bei einem anderen Verhältnifs der Dicke zur Länge eine andere Curve entstehen müsse, namentlich, dafs, bei gröfserer Dicke im Verhältnifs zur Länge, die Curve von der Mitte nicht so lange flach laufen könne. Diefs hat sich auch aus den Versuchen ergeben, die Kupffer nach der Coulomb'schen Methode angestellt hat, dessen Stab die Dimensionen 607^{mm} und 12,5^{mm} hatte. Die aus den von ihm gefundenen Zahlen (die ich aus Gehler's Wörterbuch, Bd. VI. S. 798 genommen habe) dargestellte Curve ist in Fig. 13 Taf. I. *C* gezeichnet. Unsere Methode nun giebt uns ein Mittel an die Hand, auch Stäbe von beliebigen Dimensionen, (welches nach der Coulomb'schen nicht wohl möglich ist), in Bezug auf die Vertheilung des Magnetismus und zwar, wie ich glaube, viel leichter und genauer zu untersuchen. Es mag hier das Resultat einer solchen Untersuchung folgen, die ich vorgenommen habe an einem Magnetstabe von 610^{mm} Länge, 38^{mm} Breite und 9^{mm} Dicke, mit welchem in dem *Bonner* magnetischen Observatorium die Beobachtungen gemacht werden. Dafs die Abwägungen an verschiedenen Punkten desselben Querschnittes verschiedene Zahlen ergeben mufsten, war vorauszusehen und daher habe ich für

verschiedene Linien, vom Mittelpunkte bis zum Ende, die Zahlen und hieraus die Curven in Fig. 12 Taf. I. bestimmt: Die Curve *A* auf der Mittellinie der breiten Seite, die Curve *B* auf der Mittellinie der schmalen Seite, die Curve *C* auf der Kante, wenn der Stab flach auflag und die Curve *D* auf der Kante, wenn der Stab um 45° aufgehoben war. Der Stab selbst wurde während der Abwägungen senkrecht gegen den magnetischen Meridian gelegt. Die Eintheilungspunkte der Abwägungen in der Längenrichtung habe ich wie Coulomb genommen, so dafs abgewogen wurde auf den Entfernungen vom Ende: 0mm, 22,6mm, 45,2mm, 67,8mm, 101,7mm, 135,6mm, 203,4mm, 271,2mm und 305mm oder in der Mitte.

Folgende sind die Resultate:

	A.	*B.*	*C.*	*D.*
305mm	0gr	0gr	0gr	0gr
271,2	1,5	1,6	1,7	1,5
203,4	6,1	8	8,7	5,5
135,6	8,6	10,9	13,8	7
101,7	12,1	17 *	17,5	10
67,8	16,6	21,4 *	24	13,6
45,2	19,6	26,5 *	27,5	15
22,6	25,5	33,7 *	35	18,2
0	35,3 *	39,8 *	46,5 *	27,9 *.

Bei allen mit einem Sternchen bezeichneten Abwägungen, d. h. bei allen mit einem ziemlich grofsen Gewicht auf der Kante vorgenommenen, rutschte das Eisenstäbchen, ehe es abgerissen wurde, etwa 2mm auf der Fläche, was wohl auf folgende Weise erklärt wird. Jeder Punkt des Magneten sucht seine Wirkung auf das genäherte Eisenstäbchen auszuüben. Ganz auf der Kante ist nun ein Theil des Eisenstäbchens nicht oberhalb des Magneten selbst und wird, weil etwas von der Kante ab mehrere Punkte des Magneten und näher auf dasselbe einwirken können, bevor es abreifst, auf diesen wirksamern Punkt gezogen. Es war in der Regel nach dem Fortrücken des Stäbchens noch ein Gewicht von 1 bis 6gr nöthig, um es völlig abzu-

reifsen. Dasselbe geschah auch bei den oben unter II. *A* *B* und *C* geschehenen Abwägungen auf der Kante des grofsen Ankers, aber nicht (unter I.) auf der Kante der Polfläche. Letzteres erklärt sich wohl dadurch, dafs die magnetisirende Spirale, welche bis dicht an die Polfläche reicht, selbst in der Nähe auf das Stäbchen anziehend und festhaltend wirken mufste. Dafs es in den Fällen unter III. nicht geschehen konnte, erklärt sich leicht.

Sehen wir jetzt noch nach, wie an den Enden des Stabes bei verschiedener Lage desselben der Magnetismus sich zeigte: Richtete ich den ganzen Stab um 45° auf, so wurde, die breite Kante nach oben, das Stäbchen von der Mitte durch 24,7^{gr}, von der Ecke durch 29,3^{gr} abgezogen; war die schmale Kante nach oben, so erhielt ich von der Mitte 30,3^{gr}, von der Ecke 38,1^{gr}; die Ecke nach oben, gab ein Gewicht von 30,5^{gr}. Wurde der ganze Stab senkrecht aufgerichtet, so erhielt ich von dem Südpole einige Gramme mehr, als von dem Nordpol, obgleich ich durch Abwägen beide Pole, den Stab senkrecht gegen den magnetischen Meridian gelegt, gleich stark gefunden hatte. Dasselbe Resultat hat auch Kupffer erhalten und mit Recht den Grund in die Einwirkung des Erdmagnetismus gesetzt. Die Abwägungen ergaben auf dem Südpol in der Mitte der breiten Kante 41,3^{gr}, auf der Ecke 45,9^{gr}, in der Mitte der schmalen Kante 45,2^{gr} und in der Mitte der Fläche 40,5^{gr}. (Auf dem Nordpol ergab diese letzte Abwägung 38,3^{gr}.)

Nachdem ich mit dem Magnetstabe obige Messungen vorgenommen hatte, habe ich ihn von neuem magnetisirt mit Hülfe des grofsen Elektromagneten [1]). Bei senkrech-

1) Das Magnetisiren von Stahlmagneten, seyen es gröfsere Stäbe, Nadeln oder Hufeisen, geschieht nach meiner Meinung am bequemsten und schnellsten bis zum Maximum mit Hülfe eines starken Elektromagneten, dessen Pole nach oben gerichtet sind. Man legt auf die Pole glatt geschliffene Halbanker in einer solchen Entfernung von einander, dafs die Polenden des zu magnetisirenden Stahlmagneten gerade auf die einander zugekehrten Enden der aufgelegten Halbanker gelegt werden können, magnetisirt den Elektromagneten durch einen starken galvanischen Strom und setzt den zu magnetisirenden Stahlmagneten durch einige leichte

ter Stellung wurde jetzt das Stäbchen von der Mitte durch 52^{gr} abgerissen (früher durch 40,5^{gr}). Die Abwägungen der Curve *A*, d. h. auf der Mittellinie der breiten Seite, wurden wiederholt und ergaben die verhältnifsmäfsigen Gewichte:

305^{mm}	0^{gr}	101,7^{mm}	20,5^{gr}
371,2	1,8	67,8	25
203,4	8,5	45,3	30
135,6	14	22,6	36,4

am Ende 47,6^{gr}.

Noch auf einem andern Magnetstabe von 410^{mm} Länge, 13^{mm} Breite und 2^{mm} Dicke habe ich die Curve Fig. 13 Taf. I. *A* bestimmt aus folgenden Zahlen:

In der Entfernung von dem einen Ende um

0^{mm}	19,8^{gr}	68,3^{mm}	5,6^{gr}
15,2	15,1	91,2	3,8
30,4	11,8	136,7	1,7
45,6	8,4	182,3	0,3

205^{mm} oder in der Mitte 0^{gr}.

Um die Art der verschiedenen Curven besser übersehen zu können, habe ich diese letztere *A* in Fig. 13 Taf. I. mit der Coulomb'schen *B* und der Kupffer'schen *C* zusammen gezeichnet.

Aus dem Vorhergehenden lassen sich folgende Folgerungen ziehen:

Der Magnetismus eines geradlinigen regelmäfsig magnetisirten Stahlstabes nimmt von der Mitte nach den Polen hin anfangs langsam und je näher den Polenden immer rascher zu und die Verschiedenheit der Intensitätscurven ist abhängig von der Stärke des Magnetismus und von dem Verhältnifs der Längen- zur Breitenausdehnung. Auch hier gilt das oben angeführte Gesetz, dafs der Magnetismus an den Kanten stärker ist als auf den Flächen. Das Ma-

Schläge in eine vibrirende Bewegung. Nach kurzer Zeit hat der Stahlmagnet so viel Magnetismus in sich aufgenommen, wie ich ihn weder durch Streichen mit einem andern Stahlmagneten, noch durch die Elias'sche Spirale ertheilen konnte.

ximum des Magnetismus ist an den Ecken der Enden und auf den schmalen Seiten stärker als auf den *breitern* [1]). Die anziehende Wirkung ist um so gröfser, je mehr Punkte des Magneten auf das abzuziehende Eisenstäbchen wirken können und je näher diese demselben sind.

Zum Schlusse sey es mir erlaubt, einige Fälle namhaft zu machen, in denen unsere Methode, den Magnetismus zu messen, von praktischem Nutzen seyn möchte.

Will man sich bei magnetischen Untersuchungen überzeugen, ob der Magnet dieselbe Kraft behalte, so kann man diefs jedesmal durch eine einzige Abwägung an einer beliebigen bestimmten Stelle erreichen.

Beim Magnetisiren von Stahlmagneten, sey es durch Streichen oder auf eine andere Weise, giebt unsere Methode ein leichtes Mittel, zu erfahren, wann der Magnetismus sein Maximum erreicht habe: Man wäge bei Stäben und Nadeln am besten vom aufgerichteten Polende, bei Hufeisen von einem an einer bestimmten Stelle aufgesetzten Eisenkonus, so lange ab, bis ein erneuertes Magnetisiren kein gröfseres Gewicht zum Abziehen gestattet als vorher.

Will Jemand bei elektromagnetischen Untersuchungen sich von der Constanz des angewandten Stromes überzeugen, ohne den Widerstand durch eine überdiefs oft sehr schwierig einzuschaltende Bussole zu vergröfsern, so kann er diefs einfach mit Hülfe unserer Wage erreichen, indem er entweder von Zeit zu Zeit an irgend einem beliebigen bestimmten Punkte des Elektromagneten (am genauesten von einem aufgesetzten kleinern Eisenkonus) die Abwägungen macht, oder, wenn nicht zu befürchten ist, dafs das Stäbchen während der Untersuchung durch Erschütterungen

1) Es ist natürlich, dafs diefs nur bis zu einer gewissen Gränze richtig ist, d. h. dafs das Gewicht, welches zum Abreifsen nöthig ist, bei immer dünner werdenden Stäben ein Maximum erreichen mufs, welches übrigens auch noch von der Gröfse und Form des abzuziehenden Eisenstäbchens abhängig ist. Für unsern Fall ergab sich aus zu einem andern Zwecke angestellten Versuchen das Maximum bei einer Dicke von 5^{mm}.

abgerissen wird, indem er das Stäbchen an der bestimmten Stelle mit einem um ein Geringes zu leichten Gewichte haften läfst, so dafs bei der geringsten Verminderung der Stromstärke dasselbe abgerissen wird.

Ueberhaupt läfst sich bei Anwendung galvanischer Ströme die Wage mit einem beliebigen kleinen eingeschaltenen Elektromagneten gewissermafsen als bequemeres Galvanometer gebrauchen, wo es nöthig ist, die Stärke des Stromes zu kennen. Stellt man dann für einen bestimmten zu diesem Zwecke dienenden Elektromagneten die, verschiedenen Strömen entsprechenden, verschiedenen Abwägungen zusammen mit den denselben Strömen entsprechenden Abweichungen einer eingeschalteten Bussole oder mit den ebenfalls denselben Strömen entsprechenden verschiedenen Maafsen von in bestimmter Zeiteinheit gebildetem Knallgase, so hat man in dieser Vorrichtung ein sehr bequemes und einfaches Mittel, irgend beliebige Stromstärken sehr genau zu messen und mit der auf vorbeschriebene Weise angefertigten Tabelle kann man die erhaltenen Zahlen der Abwägungen leicht in die gebräuchlicheren Bezeichnungen für die Stromstärken übersetzen.

Aachen im September 1850.

II. *Ueber den Brummkreisel und das Schwingungsgesetz der kubischen Pfeifen;* von G. Sondhaufs.

(Schlufs von S. 257.)

7. Aus den in der vorstehenden Tabelle aufgeführten Versuchen läfst sich die Abhängigkeit der Schwingungszahl sowohl von dem Volumen des Luftkörpers als auch von der Gröfse der Aufschnittsöffnung ableiten. Aus der

Vergleichung der Schwingungszahlen der Töne, welche in den einzelnen Versuchsreihen durch das Anblasen derselben Oeffnung nach der Veränderung des Luftvolumens erhalten worden sind, ergiebt sich: *dafs die Schwingungszahlen im umgekehrten Verhältnisse zu den Quadratwurzeln aus dem Volumen der kubischen Pfeifen stehen.* Von der Richtigkeit dieses Gesetzes kann man sich schon dadurch überzeugen, dafs man die Schwingungsverhältnisse der Intervalle von je zwei in derselben Columne der Tabelle II. vermerkten Tönen mit den Verhältnissen der entsprechenden Luftvolumina vergleicht; doch darf man eine genaue Bestätigung des obigen Gesetzes durch jede einzelne Beobachtung nicht erwarten, da, wie schon bemerkt worden ist, der Ton der Pfeife unter sonst gleichen Umständen mit der Stärke des Luftstroms variirt, ein vollkommen gleichmäfsiges Anblasen aber, obwohl immer erstrebt, doch wohl kaum immer erreicht worden ist. Der einem gegebenen Luftvolumen entsprechende Ton ist, wenn er durch einen bestimmten Luftstrom erregt wird, selten rein, doch wird er rein durch ein etwas schwächeres oder verstärktes Anblasen, wozu der Beobachter in der Regel unwillkührlich durch das Gehör veranlafst wird. Trifft es sich nun zufällig, dafs der tiefere Ton etwas zu tief, der höhere zu hoch genommen wird, so entsteht in dem Intervalle beider Töne leicht ein Fehler von einer kleinen Sekunde und darüber.

Damit die Uebereinstimmung der Beobachtungen mit dem angegebenen Gesetze leicht beurtheilt werden könne, habe ich die folgende Tabelle III*a* und III*b* entworfen. In der ersten Columne sind die Volumina des schwingenden Luftkörpers in Kubikcentimetern angegeben. Die zweite enthält die Quadratwurzeln aus dem Verhältnisse des gröfsten Luftvolumens (176 Kubicentimeter), zu den übrigen ($\sqrt{Va}:\sqrt{Vb}$). In der dritten Verticalspalte finden sich die mittleren Schwingungsverhältnisse der in je sechs Beobachtungsreihen durch Verkleinerung des Luftvolumens erhaltenen Intervalle. Ich habe um diese Zahlen zu erhalten, die geo-

metrische Mitte der Schwingungszahlen der Töne, welche in je sechs mit den verschiedenen Aufschnittsöffnungen angestellten Beobachtungsreihen demselben Volumen entsprechen, berechnet und alle diese mittleren Schwingungszahlen durch die erste dem Luftvolumen von 176 Kubikcentimetern entsprechende dividirt. In der vierten Spalte sind die Intervalle, welche diesen Schwingungsverhältnissen entsprechen, genannt, wobei die angehängten Vorzeichen bekanntlich ein um weniger als einen halben Ton kleineres oder gröfseres Intervall andeuten. Da, wie zu erwarten war, die in der zweiten und dritten Columne enthaltenen Zahlen nicht vollkommen übereinstimmen, so habe ich, um die Beurtheilung der zwischen den Resultaten der Rechnung und der Beobachtung stattfindenden Verschiedenheit zu erleichtern, die zu vergleichenden Werthe durch einander dividirt und die Quotienten in der letzten Spalte beigefügt, welche das Intervall angeben, um welches das Schwingungsverhältnifs der beobachteten Töne gröfser oder kleiner ist, als das Verhältnifs der Quadratwurzeln aus dem Volumen der Luftkörper. In dem Falle, wo das aus den Beobachtungen sich ergebende mittlere Schwingungsverhältnifs kleiner war, welcher in der Tabelle III. *a* dreimal vorkommt, habe ich vor die Quotienten ein Minuszeichen gesetzt. Ich bemerke noch, dafs die Tabelle III. *a* sich auf die in der Tabelle II. *a* aufgeführten mit quadratischer oder rectangulärer Oeffnung angestellten Versuche bezieht, und dafs in der Tabelle III. *b* die Vergleichung der mit dem Volumen von 18,5 und 8 Kubikcentimetern angestellten Versuche weggelassen ist, weil hierbei ein Paar Versuche ausgefallen waren, wie aus der Tabelle II. *b* zu ersehen.

Tabelle III *a*.

Volumen. Kubik-centim.	$\sqrt{v_a} : \sqrt{v_b}$	Mittleres Schwingungs-Verhältnifs.	Intervall desselben.	Q.
176	1,000	1,000		
155	1,065	1,070	kleine Sekunde +	1,005
134	1,146	1,201	kleine Terz —	1,048
113	1,248	1,284	grofse Terz +	1,029
92	1,383	1,387	übermäfsige Quart —	— 1,003
71	1,574	1,557	kleine Sext —	1,011
50	1,876	1,943	Octave —	1,036
39,5	2,111	2,160	Octave und kl. Sekunde +	1,023
29	2,463	2,425	Octave und kleine Terz +	— 1,016
18,5	3,084	3,084	Octave und reine Quart +	1,000
8	4,690	4,321	zwei Oct. u. kl. Sekunde +	— 1,086

Tabelle III *b*.

Volumen. Kubik-centim.	$\sqrt{v_a} : \sqrt{v_b}$	Mittleres Schwingungs-Verhältnifs.	Intervall desselben.	Q.
176	1,000	1,000		
155	1,065	1,070	kleine Sekunde +	1,005
134	1,146	1,177	kleine Terz —	1,025
113	1,248	1,284	grofse Terz +	1,029
92	1,383	1,459	reine Quart —	1,052
71	1,574	1,634	grofse Sext —	1,038
50	1,876	1,962	Octave —	1,045
29	2,463	2,520	Octave und grofse Terz	1,023

Man ersieht aus den in der letzten Columne angegebenen Quotienten, dafs das obige Gesetz durch die Versuche hinreichend bestätigt wird, denn die Uebereinstimmung ist in den meisten Fällen sehr gut, in den übrigen betragen die durch die Quotienten angegebenen Intervalle, um welche Beobachtung und Rechnung differiren, da das Schwingungsverhältnifs der kleinen Sekunde nach der gleich schwebenden Temperatur bekanntlich 1,059 ist, mit Ausnahme eines einzigen Falles immer noch weniger als einen halben Ton. Die gröfste Abweichung findet sich nämlich in Tabelle III. *a* bei dem mit dem Luftvolumen von 8 Ku-

bikcentimetern angestellten Versuchen, erreicht jedoch auch hier, da das Schwingungsverhältnifs der grofsen Sekunde 1,122 ist, noch lange keinen ganzen Ton. Die bei diesem Luftvolumen angestellten Versuche sind übrigens nicht so sicher als die übrigen, da die Oberfläche des allmälig in die Glaskrause gegossenen Wassers der Blechplatte und deren Oeffnung sehr nahe war, weshalb hier einerseits eine sehr grofse Verschiedenheit in der Gestalt des Luftkörpers entstand, andererseits das in der unmittelbaren Nähe der Oeffnung befindliche Wasser an der Vibration der Luft Theil nahm. Diese Wellenbewegung des Wassers war einigemal so stark, dafs einige Tröpfchen heraus spritzten.

Ich erwähne hier noch, dafs ich bei meinen früheren Versuchen [1]) gefunden habe, dafs die Schwingungszahl des Tons einer Flasche ebenfalls im umgekehrten Verhältnisse zu der Quadratwurzel des in ihr unterhalb des Halses befindlichen Luftvolumens steht, woraus folgt, dafs die in der bauchförmigen Erweiterung enthaltene Luft in einer flaschenförmigen Pfeife ebenso schwingt, wie in einer kubischen.

8. Die Abhängigkeit der Schwingungszahlen des Tons von der Gröfse und Gestalt der angeblasenen Oeffnung ergiebt sich aus der Vergleichung der Ton-Intervalle, welche bei gleichem Volumen des Luftkörpers durch die Veränderung der Aufschnittsöffnung erhalten worden sind. Zunächst bemerke ich, dafs die Gestalt der Oeffnung nicht ohne Einfluſs auf die Tonhöhe ist, indem der Ton unter übrigens gleichen Umständen und bei gleichem Flächeninhalte der Oeffnung um so höher ist, je gröfser der Umfang der Oeffnung ist. Daher geben kreisförmige Oeffnungen einen etwas tieferen Ton als quadratische von gleichem Inhalt, diese einen tiefern als rectanguläre oder als solche, welche die Gestalt eines regelmäfsigen Dreiecks haben. Doch ist dieser Einfluſs der Gestalt der Oeffnung innerhalb der Gränzen meiner Versuche so unbedeutend, dafs man davon absehen kann.

1) Pogg. Ann. Bd. LXXIX., S. 29.

Das Gesetz über die Abhängigkeit der Schwingungszahl von der Oeffnung lautet: *Die Schwingungszahl einer kubischen Pfeife steht im geraden Verhältnisse zu der Biquadratwurzel aus dem Flächeninhalte der angeblasenen Oeffnung.* Die Uebereinstimmung dieses Gesetzes mit den Versuchen dürfte sich am leichtesten aus der Zusammenstellung ersehen lassen, welche ich in der Tabelle IV. versucht habe. In der ersten Columne derselben ist die Versuchsreihe bezeichnet wie in Tabelle II.; in der zweiten habe ich die Gestalt, in der dritten die lineären Dimensionen (Seiten oder Durchmesser), in der vierten den Flächeninhalt der Oeffnung angegeben. Die fünfte Columne enthält die Biquadratwurzeln aus dem Verhältnifs der Oeffnungen $\left(\sqrt[4]{s_{\mu}:s_{\iota}}\right)$ und zwar sind in den beiden Gruppen der Versuchsreihen No. 1 bis No. 6 und No. 7 bis No. 12 die folgenden Oeffnungen zu den kleinsten in No. 1 und No. 7 ins Verhältnifs gesetzt. In der sechsten Verticalspalte ist das mittlere Schwingungsverhältnifs der Intervalle angegeben, welche die in den Versuchsreihen No. 2 bis No. 6 und No. 8 bis No. 12 beobachteten Töne mit den Tönen bilden, welche in No. 1 und No. 7 bei gleichen Luftvolumen ansprachen. Diese Zahlen sind berechnet worden, indem aus den Schwingungsverhältnissen der einzelnen Intervalle die geometrische Mitte genommen wurde. Ich bemerke hierbei, dafs bei dieser Bestimmung in den Versuchsreihen von No. 7 bis No. 12 die mit dem Volumen von 18,5 und 8 Kubikcentimetern angestellten Versuche aufser Betracht gelassen worden sind, weil in ihnen einige Beobachtungen ausgefallen waren. Die in der letzten Columne enthaltenen Zahlen sind wieder die Quotienten der zu vergleichenden Werthe in der fünften und sechsten Columne und geben das Intervall an, um welches das Resultat der Rechnung von der Beobachtung abweicht.

Ta-

Tabelle IV.

Versuchsreihe. No.	Gestalt der Oeffnung.	Seiten oder Durchmesser mm.	Flächeninhalt □ mm.	$\sqrt[4]{s_{II} : s_I}$	Mittleres Schwingungsverhältnifs.	Intervall desselben.	Q.
1	Quadrat	$a = 8{,}5$	72,25	1,000	1,000		
2	Quadrat	$a = 24$	576,00	1,680	1,801	kleine Septime +	1,079
3	Rechteck	$a = 13$, $b = 8{,}6$	111,80	1,115	1,146	grofse Sekunde +	1,029
4	Rechteck.	$a = 18$, $b = 8{,}6$	154,80	1,182	1,214	kleine Terz +	1,027
5	Rechteck	$a = 24$, $b = 8{,}6$	206,40	1,300	1,340	reine Quart +	1,032
6	Rechteck	$a = 24$, $b = 16$	384,00	1,518	1,554	kleine Sext —	1,024
7	Kreis	$d = 7$	38,48	1,000	1,000		
8	Kreis	$d = 9{,}2$	66,48	1,146	1,155	grofse Sekunde +	1,008
9	Kreis	$d = 12$	113,10	1,309	1,316	reine Quart —	1,005
10	Kreis	$d = 15$	174,70	1,464	1,509	reine Quint +	1,031
11	Kreis	$d = 18$	254,50	1,604	1,769	kleine Septime —	1,103
12	Kreis	$d = 23{,}6$	437,40	1,836	2,044	Octave +	1,116

Das durch die Vergrößerung der Aufschnittsöffnung erhaltene Intervall ist, wie die in der letzten Columne enthaltenen Quotienten zeigen, überall etwas größer, als das nach dem angegebenen Gesetze aus der Fläche der Oeffnungen berechneten Schwingungsverhältniß angiebt, und zwar ist die Abweichung um so größer, je verschiedener die angeblasenen Oeffnungen in Beziehung auf ihre Größe sind. Es kommt dieß wahrscheinlich daher, daß eine und dieselbe Pfeife, wenn ihre Oeffnung bedeutend vergrößert wird, nur durch einen stärkeren Luftstrom zum Ansprechen gebracht werden kann, wodurch der Ton offenbar etwas höher wird. Bei den mit den größten kreisförmigen Oeffnungen angestellten Versuchsreihen (No. 11 und 12) ist überdieß die Differenz am größten, weil solche Oeffnungen überhaupt schwieriger anzublasen sind als rectanguläre und quadratische. Bei diesen beiden Versuchsreihen beträgt die Abweichung beinahe einen ganzen Ton, bei No. 2 ein wenig mehr als einen halben Ton, bei allen übrigen bedeutend weniger als einen halben Ton. Bei No. 8 und No. 9 ist die Uebereinstimmung vollkommen, wie sie sich auch ergeben hätte, wenn ich die Versuchsreihen No. 3, 4, 5 und 6 unter einander hätte vergleichen wollen.

9. Die Schwingungszahl des Tons einer kubischen Pfeife und des Brummkreisels steht also nach dem Vorangehenden *im geraden Verhältnisse zu der Biquadratwurzel aus der Fläche der angeblasenen Oeffnung und im umgekehrten Verhältnisse zu der Quadrat-Wurzel aus dem Volumen des vibrirenden Luftkörpers.* Dieses Gesetz wird durch die Formel

$$n = \frac{C\sqrt[4]{s}}{\sqrt{V}}$$

ausgedrückt, in welcher n die Schwingungszahl, s den Flächeninhalt der Oeffnung, V das innere Volumen der Pfeife oder des Brummkreisels und C eine Constante bezeichnet, deren mittlerer Werth ist

$$C = 104800.$$

Mit Hülfe dieser Constanten kann man nach der angegebenen Formel die Schwingungszahl des Tons einer kubischen Pfeife oder eines Brummkreisels aus den Dimensionen des Apparats *a priori* durch Rechnung bestimmen.

Ich habe diese Rechnung für eine Anzahl von solchen Apparaten, bei welchen Gröfse und Gestalt des innern Raumes sowie der anzublasenden Oeffnung sehr verschieden waren, ausgeführt, um die Anwendbarkeit der Formel zu prüfen, und stelle die Resultate der Uebersichtlichkeit wegen in einer Tabelle zusammen. In der ersten Columne findet sich die Nummer des Versuchs, in der zweiten habe ich die Gestalt der Pfeife bezeichnet und in der dritten, um eine genauere Vorstellung von der Gestalt möglich zu machen, ihre linearen Dimensionen in Millimetern angegeben; die vierte Columne enthält das Volumen des eingeschlossenen Luftkörpers in Kubikcentimetern, welches mit Wasser ausgemessen worden ist; in der fünften Columne ist die Gestalt der Oeffnung angegeben, deren lineare Dimensionen, nämlich die Seiten a, b oder der Durchmesser d in der sechsten, und deren Flächeninhalt in der siebenten enthalten sind. Die achte Columne enthält den beim Anblasen erhaltenen Ton, die neunte dessen Schwingungszahl. Die in der zehnten angegebenen Zahlen (n) sind die nach der obigen Formel aus den Dimensionen der Pfeifen berechneten Werthe der Schwingungszahlen. In der letzten Columne habe ich, wie in den vorangehenden Tabellen, die Quotienten der zu vergleichenden Werthe beigefügt.

Zur näheren Bezeichnung der in der Tabelle V. aufgeführten Versuche mufs ich noch Einiges über die dabei gebrauchten Apparate anführen. No. 1 bis No. 6 sind die schon in Tabelle I. unter denselben Nummern aufgeführten Brummkreisel, von welchen die ersten drei aus Holz, die übrigen aus Metallblech construirt sind. In dem Versuche No. 7 habe ich ein an einer Seite offenes kubisches Gefäfs von starkem Messingblech (einen Biot'schen Würfel) angewandt, über dessen offene Seite ich eine Blechplatte

kittete, in welche die anzublasende Oeffnung eingeschnitten war. Der Ton dieses Apparats änderte sich nicht sehr merklich, wenn jene Oeffnung statt in der Mitte der Blechplatte unmittelbar an einer Kante des Würfels angebracht war. Der in No. 8 gebrauchte Apparat ist eine Porcellankrause mit einer aufgekitteten kreisförmigen Blechplatte, in deren Mitte die dreiseitige Oeffnung eingeschnitten ist. In den mit *b*, *c*, *d* bezeichneten Versuchen war die Krause zum Theil mit Wasser gefüllt. Der in No. 9 gebrauchte Blechkegel, dessen Seitenlinie in der Tabelle mit *l* und Diameter der Grundfläche mit *d* bezeichnet sind, enthielt die anzublasende Oeffnung in der Mitte der Grundfläche. In No. 9*b* und 9*c* war dieser Kegel zum Theil mit Wasser gefüllt. In dem Versuche No. 10 wandte ich einen aus Eisenblech construirten achtkantigen geraden Pyramidenstumpf an, dessen Grundkanten in der Tabelle mit *a* und α und dessen Seitenkanten mit *l* bezeichnet sind. Die Oeffnung, durch welche diese pyramidale Pfeife angeblasen wurde, war in der gröfseren Grundfläche unmittelbar an einer Grundkante angebracht. Der letzte Versuch No. 11 ist mit einem grofsen cylindrischen Ballon aus Messingblech angestellt, in dessen cylindrischer Hülle die rectanguläre Oeffnung ungefähr in der Mitte der Höhe angebracht war. Dieser Ballon tönte auch, wenn er mittelst eines Fadens an die Axe einer Schwungmaschine gehangen und durch dieselbe in Rotation versetzt wurde. Sein Ton war wegen des unzweckmäfsigen Verhältnisses der Aufschnittsöffnung sehr schwach.

Tabelle V.

No.	Gestalt der Pfeife.	Lineare Dimensionen mm.	Volumen-Kubikcentim.	Gestalt der Oeffnung.	Dimension derselben.	Flächeninhalt.	Der beobachtete Ton.	Schwingungszahl.	n.	Q.
1	Kugel	$d = 65$	76	Quadrat	$a = 15$	225,0	e″	1290	1469	1,139
2	Kugel	$d = 93$	285	Kreis	$d = 23$	415,5	gis′	813	884	1,088
3	Kugel	$d = 161$	1438	Kreis	$d = 22$	380,1	e	322	385	1,194
4	Kugel	$d = 45$	47	Kreis	$d = 7{,}3$	41,8	e″	1218	1221	1,003
5	Kugel	$d = 46$	50	Quadrat	$a = 10{,}5$	110,2	gis″	1625	1515	— 1,073
6	Doppelkegel	$d = 169$ Axe = 109	1252	Kreis	$d = 17{,}5$	240,5	g	383	368	— 1,042
7 *a*	Würfel	$a = 78$	474	Rechteck	$a = 26{,}5$ $b = 7$	185,5	d′	575	554	— 1,026
7 *b*	»	»	»	Rechteck	$a = 27$ $b = 13$	351,0	e′	645	657	1,018
8 *a*	gerader Cylinder	$d = 58$ $h = 74$	162	gleichseitiges Dreieck	$a = 18{,}2$	140,3	h′	966	899	— 1,074
8 *b*	»	—	120	»	»	»	cis″	1084	1045	— 1,038
8 *c*	»	—	78	»	»	»	f″	1367	1296	— 1,055
8 *d*	»	—	36	»	»	»	cis‴	2170	1907	— 1,138
9 *a*	gerader Kegel	$d = 89$ $l = 108$	130	Rechteck.	$a = 27$ $b = 7{,}5$	202,5	d″	1149	1094	— 1,051
9 *b*	gerader Kegelstumpf	—	88	»	»	»	f″	1367	1330	— 1,028
9 *c*	»	—	46	»	»	»	h″	1933	1837	— 1,052
10	achtkantiger gerader Pyramidenstumpf	$a = 32$ $\alpha = 10$ $l = 82$	164	Rechteck	$a = 27$ $b = 13$	351,0	cis″	1085	1117	1,030
11	Cylinder mit abgerundeten Grundkanten	$d = 200$ $h = 320$	9040	Rechteck	$a = 26$ $b = 17{,}5$	455,0	F	171	161	— 1,062

Die Vergleichung der in der zehnten Columne enthaltenen, aus den Dimensionen der Apparate berechneten Schwingungszahlen mit den Schwingungszahlen der beobachteten Töne zeigt, dafs die Resultate der Rechnung mehrere mal nicht unbeträchtlich von denen der Beobachtung abweichen. In den meisten Fällen ist der beobachtete Ton etwas höher als die nach der obigen Formel berechneten Schwingungszahlen angeben. Die Abweichungen mögen zum Theil ihren Grund in dem nicht gleichmäfsigen Anblasen der Apparate haben, da, wie schon bemerkt worden ist, die kubischen Pfeifen in Folge von verschiedenem Anblasen mehrere Töne angeben. Unter diesen befindet sich immer auch derjenige, welcher genau der berechneten Schwingungszahl entspricht, weshalb ich eine vollkommene Uebereinstimmung hätte erzielen können, wenn ich unter den bei jeder einzelnen Pfeife ansprechenden Tönen gerade den brauchbaren hätte auswählen wollen. Ich habe aber den in der Tabelle notirten Ton, um mich nicht selbst zu täuschen, immer vor der Rechnung bestimmt. Es haben aber sicher noch andere Umstände mitgewirkt, um jene Abweichungen zu veranlassen; ich erinnere nur an den Einfluſs, welchen die Dicke der Wände den Pfeifen, so wie das Material, woraus sie angefertigt ist, auf die Höhe des Tons ausüben. Die bedeutende Differenz, welche bei den drei ersten, mit den hölzernen Brummkreiseln angestellten Versuchen sich vorfindet und welche in No. 1 etwas mehr als eine grofse Sekunde, in No. 2 nicht ganz eine grofse Sekunde, in No. 3 eine kleine Terz beträgt, rührt von der bei den hölzernen Brummkreiseln nicht in Rechnung gezogenen Dicke der Wandung her, indem aufser dem in der Hohlkugel enthaltenen Luftvolumen noch die in der prismatischen oder cylindrischen Seitenöffnung enthaltene Luftsäule mitschwingt. Zu beachten ist hierbei noch, dafs in No. 1 die Abweichung gröfser ist als in No. 2, weil bei fast gleicher Dicke der Holzwandung (7 und 8 Millm.) die Oeffnung in No. 2 beinahe doppelt so grofs ist und deshalb auf die Vertiefung des Tons einen nicht so grofsen

Einfluſs ausübt; in No. 3 ist die Wand noch dicker (13 Mllm.), und deshalb der beobachtete Ton noch mehr von demjenigen verschieden, den ein eben solcher Apparat mit verschwindender Wanddicke geben würde. In den übrigen Versuchen, mit Ausnahme von No. 8*d*, wo die Abweichung einen ganzen Ton beträgt, stimmen Beobachtung und Rechnung doch noch so gut überein, daſs das durch die Quotienten angegebene Intervall der Abweichung nur dreimal (No. 5, No. 8*a* und No. 11) etwas mehr als einen halben Ton beträgt. In dem Versuche No. 8*d* scheint die Gestalt der dreieckigen Oeffnung bei dem kleinen Luftvolumen von überwiegendem Einflusse gewesen zu seyn.

10. Die Resultate meiner Versuche stimmen mit den von F. Savart aufgestellten Sätzen überein. Die beiden von demselben gefundenen Gesetze, nämlich: 1) daſs die Schwingungszahlen bei Pfeifen von ähnlicher Gestalt im umgekehrten Verhältnisse zu den linearen Dimensionen derselben stehen und 2) daſs die Schwingungszahlen solcher Pfeifen, welche sich durch zu einer Seitenwand parallel gelegte Schnitte in unendlich dünne einander gleiche und auf dieselbe Weise in Vibration versetzte Lamellen zerlegen lassen, sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus diesen vibrirenden Flächen verhalten, sind in dem von mir gefundenen allgemeineren Gesetze enthalten, weshalb die dasselbe ausdrückende Formel vielleicht der von Savart gewünschte allgemeine Ausdruck ist, nach welchem sich die Schwingungszahlen der Pfeifen *a priori* bestimmen lassen. Die Formel

$$n = \frac{C\sqrt[4]{s}}{\sqrt{V}}$$

läſst sich nämlich leicht so umgestalten, daſs sie die Gesetze Savart's ausdrückt. Es reicht zu der Aehnlichkeit der Pfeifen, wie schon Savart bemerkt hat, nicht hin, daſs bloſs der innere Raum derselben ähnlich ist, sondern es muſs auch die Oeffnung, durch welche der innere Luftkörper in Vibration versetzt wird, ähnlich seyn. Savart

sagt darüber [1]): „Nimmt man Pfeifen von beliebiger Gestalt, aber ähnlich und mit ähnlichem Aufschnitt versehen (*semblables et semblablement embouchés*), so findet man, dafs die Schwingungszahlen sich umgekehrt verhalten, wie ihre homologen Dimensionen. Nehmen wir zwei Würfel, deren Kanten sich wie 2:1 verhalten, so geben sie zwei Töne, die eine Octave bilden. Lassen wir zwei Kugeln ansprechen, an welchen die Aufschnitte dieselbe Anzahl von Graden einnehmen müssen (*sur lesquelles les embouchures devront comprendre le même nombre de degrés*), so geben sie auch eine Octave an, wenn der Durchmesser der einen doppelt so grofs ist als der der andern". Wenn nun sowohl die Körper als die Oeffnungen der Pfeifen ähnlich sind, so verhält sich ihr inneres Volumen wie der Cubus und ihre Aufschnittsöffnung wie das Quadrat einer homologen linearen Dimension. Setzt man daher in der Formel

$$n = \frac{C\sqrt[4]{s}}{\sqrt{V}}$$

$V = a^3 q$ und $s = a^2 p$, so ergiebt sich, wenn man p und q zur Constante zieht, also $\frac{C\sqrt[4]{p}}{\sqrt{p}} = C'$ setzt:

$$n = \frac{C'}{a},$$

wonach die Schwingungszahlen ähnlicher Pfeifen im umgekehrten Verhältnisse zu der homologen Dimension a z. B. zu dem Radius der Kugel oder der Kante des Würfels stehen.

Eben so leicht läfst sich das zweite Gesetz von Savart aus derselben Formel ableiten. Ich nehme der Deutlichkeit wegen an, dafs der innere Raum der Pfeife ein rechtwinkliches Parallelepipedum sey, dessen Kanten a, b, c sind; so ist das Volumen des Luftkörpers $V = abc$. Der Aufschnitt sey rectangulär und zwar in der einen Seitenfläche (bc) angebracht, so dafs die eine Seite des ausgeschnittenen Rechtecks gleich und parallel der Kante c, die

1) *L'Institut Bd. VII. No.* 299 *p.* 239.

andere ein bestimmter Theil derselben Kante $= pc$ ist. Der Flächeninhalt des Aufschnitts ist daher $s = pc^2$. Setzt man für V und s diese Werthe in die Formel

$$n = \frac{C\sqrt[4]{s}}{\sqrt{V}}$$

so ergiebt sich, wenn man $C\sqrt[4]{p} = C''$ setzt,

$$n = \frac{C''}{\sqrt{ab}},$$

wonach die Schwingungszahl von der Länge der Kante c oder von der Breite der Pfeife unabhängig ist und sich umgekehrt verhält wie Quadratwurzel aus dem auf der Kante c senkrechten Schnitte der Pfeife. Zu beachten ist jedoch, dafs die Gröfse von c nicht ganz ohne Einflufs auf die Höhe des Tons der Pfeife ist, da die Breite des Aufschnitts in demselben Verhältnifs wie c abnehmen mufs, wenn der Ton derselbe bleiben soll.

Während ich in dieser Uebereinstimmung mit dem von F. Savart schon Gefundenen eine erfreuliche Bestätigung meines allgemeineren Gesetzes fand, schien ein von Liskovius angestellter Versuch [1]) demselben direct zu widersprechen. Derselbe verengte nämlich den Bauch einer Flasche dadurch, dafs er Holzstäbchen von entsprechender Länge in dieselbe einsenkte. Hierdurch wurde der Ton schwächer aber nicht höher. Er sagt: „War der Bauch bis etwa zu einem Drittel der Breite davon angefüllt, so sprach die Pfeife gar nicht mehr an. Die Tonhöhe aber wurde durch diese Verengung nicht verändert". Diese Verengung des innern Raumes der Flasche hätte nach dem, wie ich früher gefunden, auch für flaschenförmige Pfeifen gültigen Gesetze über die Abhängigkeit der Schwingungszahl von dem Volumen, schon eine bedeutende Tonerhöhung herbeiführen müssen, wenn nicht die leichten Holzstäbchen und die zwischen denselben befindliche Luft an der Vibration Theil genommen hätten. Ich habe, um meine durch den erwähnten Versuch entstandenen Bedenken zu

1) Pogg. Ann. Bd. XXX., S. 482.

beseitigen, ein ähnliches Experiment jedoch unter meinem Zwecke gemäfs abgeänderten Umständen angestellt. Ich brauchte hierzu keine Flasche, weil der Ton derselben nicht blofs von dem in ihrem Bauche enthaltenen Luftvolumen, sondern auch von der Weite und Länge des Halses abhängt und ein solcher Apparat überdiefs weniger leicht anspricht, als eine kubische Pfeife, sondern wählte die cylindrische Glaskrause, welche ich zu den in Tabelle II. aufgeführten Versuche benutzt hatte. Der Apparat war noch mit der Blechplatte versehen, in welcher die grofse kreisförmige Oeffnung eingeschnitten war, welche zu der Versuchsreihe No. 12 in Tabelle II. gedient hat. Ich zerschnitt einige runde Siegellackstangen von ungefähr 15 bis 17 Mllm. Dicke in, der Höhe der Krause entsprechende, ungefähr 70 Mllm. lange Stücke und senkte dieselben durch die Oeffnung der Blechplatte in die Krause. Die auf diese Weise mit Siegellackstäben, deren sieben Platz hatten, gefüllte kubische Pfeife sprach, wenn auch nicht leicht, doch noch deutlich und kräftig an, und gab einen Ton, welcher zwischen *g''* und *gis''* lag, während ihr ganzes Luftvolumen vor dem Einsenken der Stäbe *d''* gegeben hatte. Hierdurch ist eine entschiedene und zwar bedeutende Erhöhung des Tons durch die Verengung des Volumens der Pfeife mittelst eingesenkter fester Körper nachgewiesen. Ebenso war der Ton nach dem Einsenken der einzelnen Stäbe allmälig höher geworden, da die Pfeife mit 4 Stäben *f''* und mit 6 Stäben *g''* gegeben hatte. Ich füllte nun, um das Volumen der zwischen den Siegellackstäben noch vorhandenen Luft zu messen, die Krause mittelst einer graduirten Röhre mit Wasser und fand, dafs sich in derselben noch 92,7 Kubikcentimeter Luft befunden hatten. Berechnet man die Schwingungszahl für eine kubische Pfeife, deren innerer Raum $V = 92{,}7$ Kubikcentimeter und deren Aufschnitt $s = 437{,}4$ Quadrat-Mllm. beträgt, nach der obigen Formel, so findet man

$$n = 1570.$$

Diese Schwingungszahl gehört einem Ton an, welcher zwischen *g''* und *gis''* liegt. In der 12. Versuchsreihe der

Tabelle II. hatte ein Luftvolumen von 92 Kubikcentimeter mit demselben Aufschnitt a'' gegeben. Ich war durch dieses Resultat überrascht; denn wenn ich auch eine Erhöhung des Tons der Pfeife durch das Einsenken von Stäben sicher erwartet hatte, so hoffte ich doch keineswegs, dafs bei einer so bedeutenden Gestaltsveränderung und Vertheilung des vibrirenden Luftkörpers jene Formel auch nur annähernd noch Gültigkeit haben würde. Uebrigens ist die Uebereinstimmung auch bei diesem Versuche wahrscheinlich nur defswegen so grofs, weil ein starker Luftstrom erforderlich war, um die mit Stäben gefüllte Pfeife noch zum Ansprechen zu bringen, wodurch sicher der Ton etwas in die Höhe getrieben worden ist.

Es dürfte nach dem Vorangehenden feststehen, dafs die Höhe des Tons einer kubischen Pfeife bei gleichem Aufschnitt vorzugsweise von dem Volumen des in ihr enthaltenen Luftkörpers abhängt, und dafs die Gestalt desselben nur einen sehr untergeordneten Einfluſs ausübt. Die oben in §. 5 angeführte Ansicht Savarts über die Wellenbildung in einer Pfeife dürfte hiernach nicht mehr zulässig erscheinen, da nach derselben die Gestalt der Pfeife einen wesentlichen und sehr bedeutenden Einfluſs auf die Tonhöhe haben müſste. Ich stelle mir die Wellenbewegung in einer kubischen Pfeife auf folgende Weise vor. Die durch das Anblasen des Aufschnitts erzeugte Verdichtung der Luft pflanzt sich von demselben in allen Richtungen nach den Wänden der Pfeife hin und kehrt von demselben zurückgeworfen nach der Oeffnung zurück, wobei an den Wänden eine momentane Luft-Verdünnung (das Wellenthal) entsteht. Da die inneren Wände aber in ihren einzelnen Punkten sehr verschiedene Entfernung von dem Aufschnitte haben, so würde nicht nur Verdichtung an den einzelnen Stellen der Wände in verschiedener Zeit eintreten, sondern auch in verschiedenen Zeitmomenten nach der Oeffnung zurückkehren und durch diese auf die äufsere Luft wirken; es würde also keine regelmäfsige Oscillation der Luft an dem Aufschnitte entstehen und als Ton fort-

gepflanzt werden, wenn nicht, vielleicht zum Theil in Folge der gegenseitigen Adhäsion der einzelnen Lufttheilchen, derjenige Theil der Welle, welcher einen längern Weg zurückzulegen hat, sich mit gröfserer Geschwindigkeit bewegte, so zwar, dafs die von dem Aufschnitt ausgehende ursprünglich sphärische Welle, bei ihrer Annäherung an die entgegenstehende innere Wandung, derselben immer ähnlicher wird und bei ihrer Rückkehr nach dem Aufschnitte allmälig wieder die sphärische Gestalt annimmt.

Die Anzahl der in einer Sekunde erfolgenden Oscillationen mufs hierbei von der von der Welle zurückzulegenden mittleren Weglänge oder von der mittleren Entfernung des Aufschnitts von der inneren Wandung der kubischen Pfeife abhängen, woraus folgt, dafs sowohl die Gestalt der Pfeife, als auch die Stellung des Aufschnittes von Einfluſs auf die Höhe des Tons seyn mufs. Aus meinen Versuchen ergiebt sich jedoch, dafs derselbe für kubische Pfeifen von verschiedener Gestalt innerhalb ziemlich weiter Gränzen nicht bedeutend ist.

Der Ton einer kubischen Pfeife ändert sich, wie schon F. Savart bemerkt hat, durch verschiedenes Anblasen viel bedeutender als der Ton einer cylindrischen oder prismatischen Pfeife, in welcher die Längendimension vorherrscht. Ich vermuthe, dafs dieſs daher kommt, dafs in jener bei verschiedener Erregung durch den äufsern Luftstrom die Geschwindigkeit der einzelnen Theile der nach und von der Wandung sich bewegenden Welle sich in verschiedener Weise ausgleicht und dadurch eine andere mittlere Geschwindigkeit entsteht. So entsteht vielleicht der oben erwähnte zunächst bei ganz schwachem Anblasen ansprechende, gewöhnlich etwa eine kleine Sekunde höhere Ton dadurch, dafs die Theile des Luftkörpers, welche von der angeblasenen Oeffnung die gröfste Entfernung haben, nicht vollen Antheil an der Oscillation nehmen, indem die Welle, in Folge der überwiegenden Wirkung der näheren Theile der Wandung, schon wieder nach dem Aufschnitte zurück-

kehrt, bevor sie an den entfernten Stellen derselben vollständig angelangt ist.

Es bietet sich noch die Frage dar, wie der Einfluſs zu erklären sey, welchen die Gröſse der Oeffnung, durch welche der Luftkörper der Pfeife angeblasen wird, auf die Höhe des Tones ausübt. Ich gestehe, daſs ich hierüber noch zu keiner bestimmten Ansicht gelangt bin und deute daher nur einen Umstand an, welcher mir hierbei von Einfluſs zu seyn scheint. Wenn die Luftwelle in der Pfeife abwechselnd sich von und nach der Oeffnung, durch welche die innere Luft mit der äuſsern communicirt, bewegt, so muſs wegen der an der Oeffnung abwechselnd entstehenden Verdünnung und Verdichtung bei jeder Oscillation ein bestimmtes Quantum Luft von aufsen in die Pfeife dringen und wieder heraustreten, wozu bei kleinerer Oeffnung eine gröſsere Zeit erforderlich ist. Es würde also die Verkleinerung der Oeffnung unter sonst gleichen Umständen eine Verringerung der Schwingungsgeschwindigkeit, mithin auch eine Vertiefung des Tons der Pfeife herbeiführen müssen, welches, wie die Erfahrung lehrt, wirklich stattfindet. In welcher Weise die Gröſse und Gestalt der Oeffnung auf die Gestalt und Geschwindigkeit der Luftwelle diesen Einfluſs übt, wird noch der Gegenstand einer analytischen Untersuchung seyn müssen, durch welche, wie ich hoffe, die von mir auf experimentellem Wege gefundenen Gesetze ihre Bestätigung finden werden.

11. Es bleibt noch der interessante Fall zu untersuchen übrig, wo die kubische Pfeife oder der Brummkreisel mit mehr als einer Oeffnung versehen ist. Die kubischen Pfeifen tönen nämlich auch sehr gut, wenn man aufser der Oeffnung, durch welche sie angeblasen werden, noch eine zweite Oeffnung oder auch noch mehrere Oeffnungen in die verschiedenen Seitenwände bohrt, und zwar wird der Ton um so höher, je gröſser die Anzahl und das Lumen dieser Oeffnungen ist. Dasselbe findet auch bei flaschenförmigen Pfeifen statt, über welche wir in dieser Be-

ziehung Liskovius einen Versuch verdanken. Derselbe[1]) bestimmte nämlich den Ton einer in ihrer Mitte kugelförmig aufgeblasenen Glasröhre einmal, wenn das nicht angeblasene Ende der Röhre gedeckt, das anderemal, wenn beide Mündungen offen waren, und fand es auffallend, dafs die Deckung nicht wie bei cylindrischen oder prismatischen Röhren eine Tonvertiefung von einer Octave, sondern nur von einer reinen Quinte oder einer kleinen Sexte herbeiführte.

Ich stellte, um den Einfluſs von zwei in einer kubischen Pfeife angebrachten Oeffnungen auf die Tonhöhe zu finden, folgenden Versuch an. Von einem etwa 42 Mllm. weiten Lampencylinder wurde ein 52 Mllm. langes Stück abgeschnitten, auf dessen beiden offenen Seiten zwei Blechplatten gekittet wurden, in welche ich gleichgroſse kreisförmige Oeffnungen eingeschnitten hatte. Ihr Durchmesser betrug 8,3 Mllm. Wurde die eine Oeffnung gedeckt und die andere angeblasen, so gab der Apparat den Ton *c*", waren beide Oeffnungen offen, so sprach *fis*" an, wobei es in beiden Fällen gleichgültig war, an welcher Seite der Apparat angeblasen wurde. Die zweite Oeffnung der Pfeife veranlaſst also eine Tonerhöhung von einer verminderten Quinte.

Die Erklärung dieser Erscheinung finde ich in der Annahme, daſs sich, wenn beide Oeffnungen offen sind, in der Mitte der Pfeife eine Knotenfläche bildet, so daſs das Luftvolumen, welches bei einer Oeffnung ungetheilt vibrirte, jetzt, in zwei gleiche Theile getheilt, nach den entgegengesetzten Oeffnungen schwingt. Es bildet sich demnach jetzt nicht mehr bloſs an den inneren Wänden, sondern auch in der Mitte des innern Raumes der Pfeife abwechselnd eine Verdichtung und Verdünnung. Jeder dieser beiden Theile des in der Pfeife enthaltenen Luftkörpers schwingt ganz in derselben Weise wie in einer nur mit einer Oeffnung von gleicher Gröſse versehenen Pfeife, deren innerer Raum aber nur halb so groſs ist. Da die Schwingungs-

1) Pogg. Ann. Bd. 58, S. 102.

zahlen nach dem Vorangehenden sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus dem Volumen verhalten, so mufs das Schwingungsverhältnifs der beiden oben erhaltenen Töne *c''* und *fis''* gleich $\sqrt{2}$ oder 1,414 seyn, welches in der That der verminderten Quinte angehört. Dasselbe Resultat wurde durch einen zweiten Versuch, welcher zugleich zeigt, dafs die beiden Oeffnungen nicht einander gegenüber stehen müssen, erhalten. In dem grofsen cylindrischen Messingsballon, mit welchem der 11. Versuch der Tabelle V. angestellt worden ist, wurde eine zweite gleich grofse rectanguläre Oeffnung eingeschnitten. Die erste war in der Hülle des Cylinders, die zweite in der Mitte einer Grundfläche angebracht, so dafs sie sich also nicht an den entgegengesetzten Seiten der Pfeife befanden. Wurde die eine Oeffnung zugehalten, so sprach *F* an, waren beide Oeffnungen offen, so gab der Apparat den um die verminderte Quinte höhern Ton, nämlich *H* an.

In einem dritten Versuch, der mit dem in No. 7 der Tabelle V. angewandten Würfel angestellt wurde, waren die beiden Oeffnungen einander noch näher gerückt. Sie waren nämlich beide in derselben Seitenfläche des Würfels eingeschnitten und zwar die eine ganz nahe der einen Kante des Würfels, die andere etwas über die Mitte der Seitenfläche nach der entgegengesetzten Seite gerückt. Beide Oeffnungen waren Rechtecke, in welchen die eine Seite 26 Mllm., die andere 75 Mllm. lang war. Diese Oeffnungen waren überdiefs einander parallel und 37 Mllm. von einander entfernt. Der Apparat gab, wenn die eine Oeffnung gedeckt war, *es'* an; wurde auch die andere Oeffnung geöffnet, so ging der Ton in *a'* über.

Hier entsteht also gleichfalls eine Knotenfläche im Innern der Pfeife, welche aber wegen der Lage der Oeffnungen schief durch den Cylinder oder den Würfel geht und den Luftkörper nur in zwei dem Volumen nach gleiche aber nicht congruente Theile theilt. Hieraus folgt, dafs die den beiden Oeffnungen entsprechenden Wellen nur

gleiche mittlere Geschwindigkeit, nicht aber gleiche Gestalt haben müssen.

Sind in einer kubischen Pfeife drei oder vier gleich grofse Oeffnungen vorhanden, so theilt sich der Luftkörper in eben so viele gleiche Theile, welche alle mit derselben Schwingungsgeschwindigkeit um die ihnen entsprechende Oeffnung oscilliren. Gelingt eine solche Eintheilung des Luftkörpers wegen der Lage der Oeffnungen nicht, so spricht die Pfeife nicht an. Da jeder einzelne der schwingenden Theile des Luftkörpers denselben Ton erzeugt, welchen eine nur mit einer solchen Oeffnung versehene kubische Pfeife angiebt, deren Volumen der so vielte Theil der ganzen Pfeife ist, als Oeffnungen vorhanden sind, so kann man die Schwingungszahl leicht finden, indem man entweder in der Formel

$$n = \frac{C \sqrt[4]{s}}{\sqrt[3]{V}}$$

für V den dritten oder vierten Theil von V setzt oder die Schwingungszahl des Tons, welchen die Pfeife so lange nur eine Oeffnung offen ist, angiebt, mit $\sqrt{3}$ oder $\sqrt{4}$ multiplicirt. Deckt man alle Oeffnungen einer solchen Pfeife bis auf eine, durch welche man dieselbe anbläst, und nennt den dabei ansprechenden Ton den Grundton, so müssen, wenn man successive die übrigen Oeffnungen öffnet, die dadurch erhaltenen Töne mit dem Grundtone Intervalle bilden, deren Schwingungsverhältnifs durch die Quadratwurzeln der auf einander folgenden Zahlen $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{4}$ ausgedrückt werden. Diefs wird durch die Erfahrung vollständig bestätigt. Der in der Tabelle I. unter No. 7 aufgeführte messingne Brummkreisel war mit vier gleich grofsen kreisförmigen Oeffnungen versehen. Der Grundton war b'. Wurden zwei beliebige Oeffnungen offen gelassen, so sprach der um eine verminderte Quinte höhere Ton e'' an. Bei drei offenen Oeffnungen gab die Pfeife einen zwischen g'' und as'' liegenden Ton an, welcher von dem Grundtone nicht ganz um eine kleine Septime entfernt

ist,

ist, wie auch der Werth von $\sqrt{3}$ nämlich 1,732 erwarten läfst, wärend das Schwingungsverhältnifs der kleinen Septime 1,782 ist. Waren alle vier Oeffnungen offen, so sprach b'' die Octave des Grundtons an, deren Schwingungsverhältnifs durch $\sqrt{4}$ oder 2 angeben wird.

Ein zweiter Versuch wurde mit einem aus Weisblech construirten Würfel, dessen Kanten 80 Mllm. lang waren, angestellt. In der Mitte von jeder der sechs Seitenflächen war eine Oeffnung angebracht. Die Oeffnung, durch welche der Apparat angeblasen wurde, war ein Rechteck mit den Seiten $a = 25$ Mllm., $b = 6$ Mllm.; die übrigen waren Kreise, deren Durchmesser 14 bis 15 Mllm. betrugen. Der Flächeninhalt der sechs Oeffnungen war demnach beinahe gleich. Wenn während des Anblasens 4, 5 oder 6 Oeffnungen offen waren, so sprachen bei gewöhnlichem Anblasen schon Flageolettöne an, während die Töne, bei welchen der innere Luftkörper in respective 4, 5 oder 6 Theile getheilt war, nur durch sehr vorsichtiges schwaches Anblasen erregt werden konnten. Es wurde daher der Gleichmäfsigkeit wegen der Apparat auch bei Erregung der tieferen Töne schwach angeblasen. Der Apparat gab, wenn eine Oeffnung offen war h, bei zwei Oeffnungen f', bei drei Oeffnungen as', bei vier Oeffnungen h' an. Das Oeffnen der fünften und sechsten Oeffnung hatte nur einen geringen Einfluſs auf die Erhöhung des Tons, da hierbei $h'+$ und c'' ansprachen, wofür man hätte $c''+$ und $dis''+$ erwarten sollen. Es findet also, wenn 5 oder 6 Oeffnungen in einer kubischen Pfeife angebracht sind, entweder keine gleichmäfsige Eintheilung des Luftkörpers in 5 oder 6 gleiche Theile statt oder das schwache Blasen ist die Ursache von der Vertiefung des Tons.

12. Wenn die in einer kubischen Pfeife angebrachten Oeffnungen nicht gleich groſs sind, bilden sich Knotenflächen, welche jedoch den Luftkörper in, dem Volumen nach, ungleiche Theile theilen, und zwar in der Weise, daſs jeder derselben um so kleiner ist, einer je kleineren Oeffnung er entspricht. Die einzelnen Theile eines durch Kno-

tenpunkte oder Knotenlinien oder auch Knotenflächen getheilt schwingenden Körpers müssen nämlich, wenn ein Ton zu Stande kommen soll, immer dieselbe Anzahl von Schwingungen in der Sekunde machen. Man kann sich dieses Gesetz durch ein Paar hübsche Experimente verdeutlichen, wenn man auf das Monochord eine nicht homogene z. B. eine nur zum Theil mit Metalldraht übersponnene Saite spannt und die Knotenpunkte aufsucht oder die Klangfiguren Chladni's auf Platten erzeugt, welche an verschiedenen Stellen ungleiche Dicke haben oder auf welche man kleine Bleiplatten an einzelne Stellen kittet. Wenn nun auch in einer kubischen Pfeife die durch die Bildung der Knotenflächen entstandenen einzelnen Theile des Luftkörpers dieselbe Anzahl von Schwingungen in der Sekunde vollenden müssen, und wenn jeder einzelne derselben für sich nach den Gesetzen schwingt, welche oben für eine kubische Pfeile mit einer Oeffnung gefunden worden sind, so mufs, damit die Formel

$$n = \frac{C\sqrt[4]{s}}{\sqrt{V}}$$

für n immer denselben Werth giebt, das Verhältnifs von $\sqrt[4]{s} : V$ für alle Oeffnungen und die nach ihnen vibrirenden Theile des Luftkörpers ein constantes seyn. Hieraus ergeben sich eben so viele einfache Gleichungen als Oeffnungen vorhanden sind, durch deren Auflösung man das Volumen der einzelnen Theile des Luftkörpers findet. Die für einen dieser Theile berechnete Schwingungszahl ist zugleich die der ganzen Pfeife. Sind z. B. vier ungleich grofse Oeffnungen an der kubischen Pfeife vorhanden, deren Flächeninhalt ich mit a^2, b^2, c^2, d^2, bezeichne, und bedeuten A, B, C, D die entsprechenden einzelnen Theile des Luftkörpers, dessen Volumen V ist, so ergiebt sich:

$$A = \frac{aV}{a+b+c+d}; \quad B = \frac{bV}{a+b+c+d}; \quad C = \frac{cV}{a+b+c+d};$$

$$D = \frac{dV}{a+b+c+d}.$$

und die Schwingungszahl der Pfeife ist, wenn alle Oeffnungen offen sind:

$$n = C\sqrt{\frac{a+b+c+d}{V}}.$$

Von practischem Nutzen scheint mir hier nur die Betrachtung des Falles zu seyn, in welchem die Pfeife mit zwei ungleich grofsen Oeffnungen versehen ist. Sind diese einander ähnlich, z. B. kreisförmig oder ähnliche Rechtecke, und auf den entgegengesetzten Seiten eines Würfels oder in den Grundflächen eines geraden Prisma oder eines Cylinders angebracht, so ist die das innere Volumen theilende Knotenfläche zu den Flächen, in welchen die Oeffnungen eingeschnitten sind, parallel, und ihre Abstände von denselben verhalten sich wie die Durchmesser der kreisförmigen oder wie die homologen Seiten der rectangulären Oeffnungen. Verhalten sich z. B. die Durchmesser der Oeffnungen wie 1:2, so ist die Knotenfläche um das erste Drittel der ganzen Höhe der Pfeife von der kleinern Oeffnung entfernt, so dafs um diese nur ein Drittheil des ganzen Volumens schwingt, also ein höherer Ton entsteht. Deckt man die andere gröfsere Oeffnung, so giebt die Pfeife einen Ton an, bei welchem das ganze innere Luftvolumen ungetheilt schwingt, woraus folgt, dafs die Schwingungszahl beider Töne sich wie $\sqrt{3}:1$ verhalten müssen. Dieses Schwingungsverhältnifs (nämlich 1,732) ist etwas kleiner als das der kleinen Septime, das bekanntlich 1,782 ist. Ein solches Intervall mufs also zwischen den beiden Tönen liegen, welche man durch Anblasen der kleinen Oeffnung erhält, wenn die andere ein Mal gedeckt, das andere Mal offen ist.

Bläst man dagegen die gröfsere Oeffnung an, während die kleinere gedeckt wird, so erhält man einen der Gröfse der Oeffnung entsprechenden höheren Grundton, der durch die Vibration des ungetheilten Luftkörpers entsteht; ist auch die andere Oeffnung offen, so spricht derselbe höhere Ton wie vorhin, an. Da bei demselben in Beziehung auf die

gröfsere Oeffnung zwei Drittheil des ganzen Luftkörpers vibriren, so verhalten sich die Schwingungszahlen dieser beiden Töne wie $\sqrt{3} : \sqrt{2}$ oder 1,224. Diesem Schwingungsverhältnifse entspricht ein Intervall, welches etwas kleiner als eine grofse Terz ist.

Ein hierauf bezüglicher Versuch überzeugte mich von der Richtigkeit dieser Auffassung. An einen an beiden Seiten offenen Glascylinder von 42 Mllm. Höhe und 31 Mllm. Weite wurden Blechplatten gekittet, in welchen kreisförmige Oeffnungen mit den Durchmessern von 5 Mllm. und 12. Mllm. eingeschnitten waren. Durch die kleinere Oeffnung angeblasen, gab der Apparat bei Deckung der andern Oeffnung *f‴* an, wurde die zweite Oeffnung angeblasen und die kleinere gedeckt, so sprach *h″* an; waren beide Oeffnungen offen, so war der Ton *es‴*, an welcher der beiden Oeffnungen er auch erregt wurde. Die Töne *f‴* und *es‴* bilden eine kleine Septime, *h″* und *es‴* oder *dis‴* eine grofse Terz.

In Beziehung auf den oben erwähnten von Liskovius mit einer flaschenförmigen Pfeife, welche zwei Hälse hatte, angestellten Versuch, bemerke ich noch, dafs der Luftkörper in einer solchen Pfeife auf ähnliche Weise wie in einer mit zwei Oeffnungen versehenen kubischen Pfeife durch eine Knotenfläche in zwei gleiche Theile getheilt wird, von welchen jeder für sich in Beziehung auf den einen der Hälse vibrirt. Sind diese beiden Hälse einander gleich, d. h. haben sie gleiche Länge und Weite oder haben ihre Querschnitte zu ihrer Länge dasselbe Verhältnifs, so halbirt die Knotenfläche den in der bauchförmigen Erweiterung der Pfeife enthaltenen Raum. Sind die Hälse ungleich, so rückt die Knotenfläche näher an denjenigen, welcher enger und länger ist, so zwar, dafs die beiden Theile des in dem Bauch enthaltenen Luftkörpers sich verhalten wie die Quotienten aus dem Querschnitt und der Länge der ihnen entsprechenden Hälse. Hieraus folgt, dafs durch Anwendung der von mir für flaschenförmige Pfeifen mit einer Oeffnung gefundenen Formel

$$n = C\sqrt{\frac{S}{VL}}$$

man die Schwingungszahl einer zweihälsigen Pfeife berechnen kann, wenn man für V den aliquoten Theil setzt, welcher in Beziehung auf den Hals vibrirt, dessen Länge mit L und dessen Querschnitt mit S bezeichnet ist. Sind die Hälse einander gleich, so ist

$$n = C\sqrt{\frac{2S}{VL}}.$$

Der Ton einer solchen Pfeife, welcher, wenn beide Hälse offen sind, anspricht, wird aber um mehr als eine verminderte Quinte höher seyn, als der, welchen man durch Deckung der einen Mündung erhält, weil in diesem Falle nicht blofs das in der bauchförmigen Erweiterung erhaltene Luftvolumen, sondern auch die in dem gedeckten Halse enthaltene Luft in Beziehung auf den andern offnen Hals vibrirt, wodurch eine gröfsere Vertiefung des Tons entsteht, als dem Volumenverhältnisse 1:2 entspricht. In dem von Liskovius angestellten Versuche hatten die Hälse gleiche Länge, aber nicht gleiche Weite, weshalb von den beiden tieferen Tönen, welche bei Deckung der einen Mündung ansprachen, der eine um eine reine Quinte, der andere um eine kleine Sexte tiefer war als der Ton, welchen der Apparat angab, wenn beide Hälse offen waren.

III. *Ueber Siedepunkts-Regelmäfsigkeiten und H. Schröders neueste Siedepunktstheorie; von Hermann Kopp.*

§. 1. Es existiren, wie jetzt wohl allgemein zugegeben wird, Siedepunkts-Regelmäfsigkeiten, in der Art, dafs bei chemisch analogen Substanzen sehr häufig derselben Zusammensetzungs-Differenz dieselbe Siedepunkts-Differenz, der $n$fachen Zusammensetzungs-Differenz die $n$fache Siedepunkts-Differenz entspricht.

Es giebt Reihen von Substanzen der organischen Chemie, wo die Glieder innerhalb jeder Reihe durch besonders grofse Analogie in den chemischen Eigenschaften, den Bildungs- und den Zersetzungs-Erscheinungen ausgezeichnet sind. Die Glieder Einer solchen Reihe — homologe Substanzen, wie Gerhardt sie nannte — haben das Charakteristische, dafs sie sich in ihrer Zusammensetzung um $x\,C_2H_2$ unterscheiden[1]). Der bestimmteste Nachweis von Siedepunkts-Regelmäfsigkeiten wurde dadurch gegeben, dafs für homologe Substanzen eine Proportionalität der Siedepunkts-Differenz und der Zusammensetzungs-Differenz dargelegt wurde.

Substanzen mit Formeln, welche nicht um C_2H_2 oder ein Vielfaches davon differiren, sind unbedingt nicht homolog; Substanzen, deren Formeln sich um C_2H_2 oder xC_2H_2 unterscheiden, sind aber nicht unbedingt homolog, weil dieselbe Formel verschiedenen Verbindungen von verschieden chemischem Charakter zukommen kann. Die Zusammensetzung $C_{2n}H_{2n}O_4$ haben die mit der Essigsäure homologen Säuren wie die Aether dieser Säuren; die Formel $C_{2n}H_{2n+2}O_2$ haben die Alkohole wie der Aether (wenn man die Formel des letzteren 4 Volume Dampf ausdrücken läfst); Aldehyd ($C_4H_4O_2$) und Aceton ($C_6H_6O_2$) sind,

1) Die Formeln beziehen sich auf die Aequivalentgewichte $H:C:O = 1:6:8$.

obwohl um C_2H_2 in der Zusammensetzung differirend, wegen ihres verschiedenen chemischen Charakters doch nicht homolog u. s. f.

§. 2. Das Statthaben der erwähnten Siedepunkts-Regelmäfsigkeit innerhalb Einer Reihe homologer Substanzen zeigt an, dafs in ihr dem Elementencomplex C_2H_2 ein constanter Einfluſs auf den Siedepunkt zukommt (ich lasse hier ganz unerörtert, ob in verschiedenen Reihen homologer Substanzen dieser Einfluſs von C_2H_2 gleich grofs sey oder nicht), und dafs das, was sonst noch in der Verbindung auf den Siedepunkt Einfluſs hat, innerhalb Einer Reihe homologer Substanzen einen constanten Einfluſs ausübt.

Schröder hat schon früher vorgeschlagen, den Siedepunkt einer Verbindung $C_aH_bO_c$ (wo die Formel so geschrieben ist, dafs sie eine Condensation auf 4 Volume im Dampfzustand ausdrückt) als gegeben zu betrachten durch

$$S+ac+bh+co$$

wo S eine Constante, c, h und o den Einfluſs Eines Atoms C, H oder O auf den Siedepunkt bedeuten. Eine noch so grofse Zahl von Gliedern Einer Reihe homologer Verbindungen giebt nicht die Werthe der vier Unbekannten S, c, h und o, sondern immer nur den Einfluſs von C_2H_2, und den Gesammteinfluſs von S und den Elementencomplex, welcher von der Formel einer der Verbindungen nach möglichst oft wiederholtem Abzug von C_2H_2 übrig bleibt. Also bei der Benutzung der Glieder Einer Reihe homologer Verbindungen kommt man nicht zu der Bestimmung von S, c, h und o; man hat in Wahrheit immer nur zwei Bedingungsgleichungen, wenn der Einfluſs von C_2H_2 als ein constanter angenommen wird.

§. 3. Versucht man, die vier Unbekannten S, c, h und o in der Art zu bestimmen, dafs man die Siedepunkte von Verbindungen aus verschiedenen Reihen homologer Körper vergleicht, so zeigt sich Folgendes: Da dieselbe Formel verschiedenen Verbindungen mit verschiedenem Siede-

punkt angehören kann, $C_4H_4O_4$ z. B. dem Ameisenholzäther mit etwa 33° und der Essigsäure mit etwa 118° Siedepunkt, so mufs man annehmen, von den vier Unbekannten *S*, *c*, *h*, *o* müsse mindestens Eine in verschiedenen Reihen homologer Verbindungen verschieden seyn können. Welche, ist vollkommen ungewifs, ebenso, ob diefs nicht für mehr als Eine der Unbekannten anzunehmen sey. Bei den eben genannten Körpern mit der gemeinschaftlichen Formel $C_4H_4O_4$ kann man z. B. annehmen, der verschiedene Siedepunkt rühre davon her, dafs für dieselben *S*, oder *o*, oder beide verschieden seyen, wobei erst noch vorausgesetzt wird, der Einfluſs von C_4H_4 sey in beiden Verbindungen derselbe. Das nun sieht man leicht ein: möglichst viele Unbekannte erhält man in der Art, dafs man annimmt, in jeder Reihe homologer Verbindungen könne der Werth von *c*, *h* oder *o* verschieden seyn, oder gar, wo mehrere Atome desselben Elements in einer Verbindung sich finden, könne jedes derselben einen besondern und von dem der andern verschiedenen Einfluſs auf den Siedepunkt ausüben. Betrachtet man in den verschiedenen Reihen homologer Körper die Constante *S* als unveränderlich, den Einfluſs jedes Elements (*c*, *h* oder *o*) als veränderlich in verschiedenen Reihen, als constant in derselben Reihe, so hat man stets, bei dem Combiniren von Substanzen zur Bestimmung von *S* und der Einflüsse der Elemente, mehr Unbekannte als Bedingungsgleichungen, und kann die Aufgabe nicht lösen. Selbst dann kann man diefs nicht, wenn man nur Einem Element in den verschiedenen Reihen homologer Körper verschiedenen Einfluſs auf den Siedepunkt zuschreiben wollte.

§. 4. Möglichst wenig Unbekannte ergeben sich bei der Annahme, der Einfluſs von C, H oder O (*c*, *h*, *o*) sey in jeder Verbindung derselbe; das Einzige, was in verschiedenen Reihen homologer Verbindungen verschieden seyn könne, sey der Werth von *S*, so dafs dieser nur für die Glieder Einer Reihe als gleich grofs zu setzen wäre. Auch bei dieser Annahme kann man die Werthe von *S* in den verschiedenen Reihen und die Werthe von *c*, *h*,

und o nicht bestimmen. Wie schon oben (§. 2) bemerkt wurde, ergeben alle in Eine Reihe gehörigen Substanzen nur den Einfluſs von C_2H_2 einerseits, und andererseits den Gesammteinfluſs von S und den Elementencomplex, welcher nach möglichst oft wiederholter Subtraction von C_2H_2 von der Formel einer der Verbindungen übrig bleibt. So zahlreich auch die Glieder Einer Reihe seyn mögen, geben sie doch immer nur zwei Bedingungs-Gleichungen von der angeführten Bedeutung. Zieht man nun Verbindungen von x verschiedenen Reihen in Betrachtung, so hat man x Unbekannte für die Constanten in diesen verschiedenen Reihen, und als weitere Unbekannte c, h und o, also $x+3$ Unbekannte; man hat $2x$ Bedingungs-Gleichungen, wovon aber x identisch sind, nämlich die den Einfluſs von C_2H_2 (also $2c+2h$) gebenden, da ja der Werth von c wie der von h in allen Verbindungen als gleich groſs vorausgesetzt wird. Also hat man nur $x+1$ Bedingungs-Gleichungen bei $x+3$ Unbekannten, und die Aufgabe ist unbestimmt, die Ermittlung der Unbekannten unmöglich.

§. 5. Wenn man wüſste, ob in verschiedenen Reihen homologer Verbindungen der Werth der Constante S gleich groſs sey, und in welchen, so wäre die Bestimmung der Constante S und des Einflusses von 1 At. C, H oder O auf den Siedepunkt leicht. Aber dieſs zu erfahren, haben wir gar keinen sicheren Anhaltspunkt.

Daraus, daſs bei Vergleichung von Substanzen aus verschiedenen Reihen sich für dieselbe Zusammensetzungs-Differenz dieselbe Siedepunkts-Differenz ergiebt, kann man nicht darauf schlieſsen, in beiden Reihen habe die Constante S denselben Werth. Denn wenn die Formel von homologen Verbindungen Einer Reihe von den Formeln homologer Verbindungen einer anderen Reihe abgezogen werden, so daſs sich gleiche Zusammensetzungs-Differenzen ergeben, so müssen diesen (sofern die Einflüsse der Elemente auf den Siedepunkt constant sind) dieselben Siedepunkts-Differenzen entsprechen, obwohl in den verschiedenen Reihen die Constante S verschieden groſs anzunehmen ist. So zeigen die Aether $C_{2n}H_{2n}O_4$ verglichen mit

den Säuren $C_{2n}H_{2n}O_4$ für gleiche Zusammensetzungs-Differenz annähernd gleiche Siedepunkts-Differenz, obgleich S in beiden verschieden anzunehmen ist; so die Alkohole $C_{2n}H_{2n+2}O_2$ verglichen mit den Säuren $C_{2n}H_{2n}O_4$. Gleiche Siedepunkts-Differenz bei gleicher Zusammensetzungs-Differenz kann sich aber auch selbst dann zeigen, wenn die verglichenen Substanzen sämmtlich verschiedenen Reihen angehören; Alkohol ($C_4H_6O_2$) und Essigsäure ($C_4H_4O_4$), Aether ($C_8H_{10}O_2$) und Essigäther ($C_8H_8O_4$) zeigen bei gleicher Zusammensetzungs-Differenz gleiche Siedepunkts-Differenz, obgleich der chemische Charakter diese vier Körper in vier verschiedene Reihen verweist, in deren jeder die Constante S einen anderen Werth haben kann. Diese Regelmäfsigkeit weifst in der That nur darauf hin, dafs die Differenz der Constanten S bei Alkohol und Aether eben so grofs ist, als die Differenz der Constanten S bei Essigsäure und Essigäther. Dafs die Constante S bei dem Alkohol so grofs sey als bei der Essigsäure, und bei dem Aether so grofs als bei dem Essigäther, geht daraus so wenig hervor als die Gleichheit von A und C und von B und D aus $A-B=C-D$.

§. 6. Man hat indefs mehrfach versucht, doch den Werth von c, h und o, den Einfluſs des Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Sauerstoffs auf den Siedepunkt, zu ermitteln. Dieſs geschah, unbewuſst oder bewuſst, unter der unsichern und gewagten Voraussetzung, dafs in den verglichenen Substanzen S gleich grofs angenommen werden könne. Das Unsichere und Gewagte in der Annahme zeigt sich sehr klar darin, dafs bei Vergleichung verschiedener Verbindungen der Einfluſs von C, H oder O sehr verschieden gefunden wird. Die verschiedenen Forscher, welche sich mit der Lösung dieses bis jetzt unlösbaren Problems, der Bestimmung der Unbekannten in einer unbestimmten Aufgabe, beschäftigten, sind auch zu sehr verschiedenen Resultaten gekommen [1]).

1) Die literarischen Nachweise für folgende Zusammenstellung vergl. in L. Gmelin's Handb. d. Chem. 4. Aufl., IV., 51 ff.

Die Erhöhung des Siedepunkts, welche durch das Zutreten von 2C hervorgebracht werde, fand z. B. Gerhardt = 35 bis 35°,5; Schröder früher = 31°, jetzt eine noch kleinere Zahl. Löwig nahm gar dafür 76°,8 an.

Die Siedepunktsveränderung, welche dem Zutritt von 2O entspreche, fand Schröder früher = + 29°,5, und er nahm an, in einigen Verbindungen möge dieser Einfluſs das zwei- oder vierfache seyn. Löwig nahm für diesen Einfluſs bald + 56, bald — 16,8 an; L. Gmelin meinte, er sey + 25, oder + 50, oder + 100°.

Die Siedepunktsveränderung, welche einem Mehrgehalte an 2H entspreche, fand Schröder früher = — 3°, dann = — 10°, jetzt wieder anders; Gerhardt = — 15°. Löwig nahm dafür — 58°,4 an.

Es ist leicht, zu diesen widersprechenden Resultaten noch einige hinzuzufügen, durch Vergleichung von Substanzen aus verschiedenen Reihen. Die Vergleichung von Aceton und essigsauren Methyloxyd giebt den Einfluſs von 2O = 0, von Aceton und Metacetonsäure etwa + 83°, von Aldehyd und Essigsäure + 97°. Die Vergleichung von Aceton und Weingeist ergiebt für 2C einen Einfluſs von — 22°; die von Aldehyd und Weingeist für 2H einen von + 57°.

Daſs bei Vergleichungen sich für dieselbe Zusammensetzungs-Differenz in zahlreichen Fällen nahe dieselbe Siedepunkts-Differenz ergeben kann, ist nach dem in §. 5 Besprochenen klar; daſs aber aus solchen Uebereinstimmungen für den Einfluſs eines Elementes ein einigermaſsen sicherer Werth sich *nicht* ableiten läſst, ist eben so gewiſs, ungeachtet Schröder 1845 (Diese Ann. LXIV. 387) glaubte, die von ihm damals angenommenen Werthe + 31 für 2C und — 10 für 2H könnten nicht auf $\frac{1}{3}$ Grad fehlerhaft seyn.

§. 7. Schröder hat jetzt (Diese Ann. LXXIX. 34) den Versuch wieder aufgenommen, die unbestimmte Aufgabe zu lösen, den Einfluſs des Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Sauerstoffs auf den Siedepunkt zu ermitteln.

Er glaubt (S. 37), in den verschiedenen Gruppen cho-

mischer Verbindungen könne der Einfluſs eines und desselben Elements verschieden groſs seyn, und er sucht dieſs namentlich (S. 45) für O_2 als möglich, und (S. 57 ff.) für den Elementencomplex C_2H_2 als gewiſs darzuthun. Bei der Aufsuchung der Normalwerthe für die Einflüsse der Elemente wird aber von ihm für sehr verschiedene Reihen chemischer Verbindungen factisch die Voraussetzung gemacht, in ihnen übe dasselbe Element denselben Einfluſs aus. Bei dieser Aufsuchung wird auch factisch die Voraussetzung gemacht, die Constante *S* sey in sehr verschiedenen Verbindungsreihen gleich groſs, obgleich später dieselbe, selbst für sehr ähnliche Verbindungsreihen (die Aethyl- und Methylätherarten von der Formel $C_{2n}H_{2n}O_4$ z. B.; S. 72), ungleich angenommen wird. Es ist dieſs hervorzuheben, weil sich nicht wohl einsehen läſst, wie unter als unrichtig betrachteten Voraussetzungen doch brauchbare Resultate erhalten werden können. Das gilt nicht nur für diesen Fall, sondern für die neuen Resultate Schröder's gilt in der Regel, daſs sie wunderbar gefunden sind, nämlich unter Voraussetzungen, die Schröder selbst, in derselben Arbeit, als wesentlich unrichtig betrachtet, und deren Unrichtigkeit er mit derselben Energie zu beweisen sucht, wie die Richtigkeit der mit ihrer Hülfe gefundenen Resultate. Schröder scheint nämlich jetzt fast der Ansicht zu seyn, unrichtige Voraussetzungen, wenn nur in gehörig groſser Auswahl aber sonst ohne compensirende Auswahl begangen, heben sich unter einander auf. Er spricht dieſs allerdings nicht geradezu aus, allein daſs das Princip seiner Rechnungen kein anderes ist, wird sich aus dem Folgenden klar ergeben.

§. 8. Ein anderes Princip ist hingegen vollkommen anzuerkennen; nämlich daſs in einem solchen Fall wie der vorliegende diejenige Auflösung der unbestimmten Aufgabe die meiste Wahrscheinlichkeit für sich habe, welche mit den wenigsten Annahmen die Siedepunkte der meisten Reihen von Verbindungen erklärt. Schröder betrachtet in seinen meisten Rechnungen und in den als Endresultaten

gegebenen Formeln den Einfluſs der Elemente (*c*, *h* und *o*) als unveränderlich, und er spricht (S. 64) aus, der Werth der Constanten *S* sey so anzunehmen, daſs er für die meisten Verbindungsreihen derselbe sey. Allein er hat nicht nachgewiesen, daſs seine Annahmen für *c*, *h*, *o* und *S* dieſs wirklich thun. Aus §. 4 ergiebt sich leicht, daſs in mindestens drei Reihen homologer Substanzen *S* gleich groſs gesetzt werden muſs, um die Aufgabe zu einer bestimmten zu machen, und bei einer in der oben von uns angedeuteten Weise ausgeführten Rechnung müſste *S* also für drei Reihen denselben Werth erhalten, und dann würde die Wahrscheinlichkeit einer brauchbaren Lösung sich ergeben durch die Zahl von weiteren Reihen homologer Verbindungen, deren Siedepunkte unter Annahme dieses Werthes von *S* und der für *c*, *h* und *o* gefundenen sich mit den Beobachtungen genügend übereinstimmend berechnen. Unter den von Schröder für die Siedepunkte verschiedener Gruppen von Verbindungen als Endresultate gegebenen Formeln sind nur zwei, in welchen der von ihm für die Constante *S* angenommene Normalwerth sich findet, und dieselbe Constante findet man überhaupt höchstens in den Formeln für zwei Gruppen von Körpern angewandt. Schröder stellt allerdings in eine solche Gruppe häufig verschiedene Reihen homologer Verbindungen zusammen (vergl. §. 10), aber die Siedepunkte von diesen werden keineswegs durch die für die Gruppe aufgestellte Formel erklärt, da man das nicht eine Erklärung nennen kann, wenn die Theorie erlaubt, daſs die Beobachtungen von den Berechnungen abweichen um

„$\pm 7°,2$; $\pm 14°,4$; $\pm 21°,6$; $\pm 28°,8$ u. s. w.“

Ausdrücklich muſs indeſs hier noch auf Folgendes aufmerksam gemacht werden. Das Princip, diejenigen Annahmen für *S*, *c*, *h* und *o* seyen die wahrscheinlichsten, mit welchen die Siedepunkte der meisten Verbindungsreihen sich erklären lassen, darf nicht so aufgefaſst werden, daſs diejenigen Annahmen am wahrscheinlichsten seyen, mit welchen sich die Siedepunkte der meisten Verbindungen erklären lassen.

Wie viele Glieder von bekanntem Siedepunkt eine Reihe zählt, ist für diese Betrachtung vollkommen gleichgültig, da eine Annahme — sie sey mehr oder minder wahrscheinlich — sobald sie den Siedepunkt zweier Glieder einer solchen Reihe erklärt, die der andern, viel oder wenig, nothwendig auch erklären mufs.

§. 9. Schröder benutzt zur Ermittellung der Normaleinflüsse von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff Kohlenwasserstoffe und Aetherarten, Säuren und Alkohole, welche aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen.

Er benutzt von den Kohlenwasserstoffen und Aetherarten nicht alle bekannten Verbindungen dieser Art, sondern nur solche, deren Siedepunkte bis auf einen gewissen Grad mit seinen früheren Ansichten über die Siedepunktsabhängigkeiten ein Einklang stehen, wonach der Einfluſs von $2C = +31°$, von $2H = -10°$, von $2O = 29°,5$ seyn sollte, und von der Summe der Einflüsse dieser Elemente, so viel von ihnen in einer Verbindung enthalten ist, 69 abzuziehen wäre, um den Siedepunkt zu erhalten. „Um die Extreme principiell auszuschlieſsen“ werden diejenigen Verbindungen nicht berücksichtigt, deren beobachtete Siedepunkte um mehr als 30° von den so berechneten abweichen. Das Resultat dieser Willkühr kann nur seyn, daſs für den Einfluſs von 2C, 2H, 2O Werthe gefunden werden, welche von den obigen nicht sehr viel verschieden sind, denn das, was gröſsere Verschiedenheiten hervorbringen könnte, ist principiell ausgeschlossen. Würde die, von Schröder ganz willkührlich angenommene, Gränze des principiell Auszuschlieſsenden zu weniger als 30° festgesetzt, so würden die zu findenden Werthe von den obigen weniger abweichen; im Gegentheil mehr. Offenbar sind die mittelst eines solchen Verfahrens sich ergebenden Werthe ebenso willkührlich berechnete, als die Gränze für die principielle Ausschlieſsung der Extreme willkührlich angenommen ist.

Unter den Säuren sind in entsprechender Weise diejenigen ausgeschlossen, welche eine gröſsere Störung in die zu erzielenden Resultate bringen könnten.

§. 10. Die Kohlenwasserstoffe, welche Schröder benutzt, sind der verschiedensten Art. Es sind mehrere darunter, die mit Bestimmtheit verschiedenen Reihen homologer Substanzen angehören; es sind viele darunter, über deren Stellung zu einer bestimmten Reihe Nichts bekannt ist. Es wird hierauf keine Rücksicht genommen.

Als in Eine Gruppe, Aetherarten, gehörig betrachtet Schröder gleichfalls verschiedenartige Substanzen, wie denn z. B. der Schwefeläther mit den Aetherarten organischer Säuren keinerlei Analogie hat. Die Gruppe umfafst Aether von Säuren verschiedener Reihen; Aether, deren Formeln 4, 6 oder 8 At. Sauerstoff enthalten; Aether, wo bei der Bildung von 1 Aequ. (4 Vol. Dampf) des einen 1 Aequ. Alkohol, bei der Bildung von 1 Aequ. des anderen 2 Aequ. Alkohol mitwirken. Diese verschiedenen Arten von Aether werden für vergleichbar gehalten, behufs der Aufsuchung von Mittelwerthen für die normalen Einflüsse der Elemente. Nach der Aufsuchung derselben kommt Schröder zu dem Schlufs, die Aetherarten sondern sich auch nach den Siedepunkts-Regelmäfsigkeiten in Gruppen. Aber diese Gruppen theilen sich darnach, ob die Aether Methyl-, Aethyl- oder Amyläther sind; zwischen *diesen* drei Klassen sey zu unterscheiden, in sofern für sie die Constante *S* verschieden grofs anzunehmen sey.

Die von ihm benutzten Säuren gehören gleichfalls verschiedenen Reihen an.

§. 11. Es erscheint, und namentlich nach dem von Schröder selbst in dieser Beziehung Gezeigten, nicht zulässig, alle Glieder dieser Verbindungsgruppen, wie sie Schröder zusammengestellt hat, für vergleichbar zu halten. Es ergeben sich bei der Vergleichung derselben für dieselbe Zusammensetzungs-Differenz allzu auffallend ungleiche Siedepunkts-Differenzen. Derselbe Erfolg tritt auch theilweise dadurch ein, dafs Schröder irrige und widersprechende Beobachtungen benutzt, nämlich alle ihm bekannte, welche von dem Rechnungsresultat seiner frühern Formel nicht um mehr als 30° abweichen (vergl. §. 9).

Aus diesen ungleichen Siedepunkts-Differenzen glaubt Schröder durch Aufsuchen des arithmetischen Mittels gültige Werthe erhalten zu können. Er spricht es geradezu aus (S. 40), das von dem gesunden Menschen-Verstand an die Hand gegebene Princip — aus wenigen sehr gut übereinstimmenden Beobachtungen ergebe sich ein sichrerer Mittelwerth, als aus vielen weniger gut übereinstimmenden — bewähre sich bei der Eigenthümlichkeit der hier vorliegenden Untersuchung nicht. Die Principien des gesunden Menschen-Verstandes brauchen sich indefs eigentlich nicht an bestimmten Untersuchungen zu bewähren, sondern die letztern sollten den erstern nicht widersprechen.

§. 12. Der Widerspruch beruht hier auf einem Mifsbrauch mit Mittelzahlen. So gewifs es ist, dafs aus *zufällig* verschieden gefundenen, gleiches Vertrauen verdienenden, Werthen, für *dieselbe* Gröfse der wahrscheinlichste Werth durch das arithmetische Mittel gegeben ist, so gewifs ist auch, dafs man für die Bestimmung einer Gröfse höchstwahrscheinlich zu einem ganz unrichtigen Resultat kommt, wenn man die gefundenen Werthe für diese Gröfse mit denen für andere *wesentlich verschiedene* Gröfsen zusammenstellt und daraus das Mittel nimmt. Mit höchster Wahrscheinlichkeit wird man auf letztere Art einen Mittelwerth erhalten, welcher keiner der zusammengestellten, wesentlich verschiedenen Gröfsen zukommt.

Schröder, welcher selbst in so analogen Verbindungen, wie die entsprechenden Methyl-, Aethyl- und Amylätherarten, die Constante *S* als verschieden grofs betrachtet (S. 72 f.), welcher die Einflüsse der Elemente selbst für veränderlich hält (vergl. §. 7), glaubt brauchbare mittlere Werthe für diese Einflüsse finden zu können, indem er die von ihm theilweise ausdrücklich als wesentlich anerkannte Veränderlichkeit derselben vernachlässigt; er erwartet (S. 40), dafs durch den ausschliefslichen Vergleich der Kohlenwasserstoffe und Aetherarten unter einander, so oft nur eine hinreichende Anzahl (wie grofs ist diese?) von Relationen sich ergebe, ein durchschnittlicher oder mittlerer Einfluſs

der

der Elemente gefunden werden könne, indem sich die Schwankungen auf und ab in allen möglichen Combinationen mehr oder weniger compensiren werden. Es ist aber das letztere in keiner Weise zu erwarten. Es ist zufällig wie viele Verbindungen Einer Art (z. B. für welche *S* gleich grofs angenommen werden könnte) Siedepunkts-Angaben vorliegen. Wo es hiernach auch rein zufällig ist, wie viel Verbindungen von Einer Art zu Vergleichungen benutzt werden, ist eine solche Compensation unendlich unwahrscheinlich. Eine einzige neu hinzukommende Beobachtung, welche Schröder selbst als zur Benutzung tauchlich erkennen müfste, kann das Endresultat einer seiner Rechnungen sammt den Folgerungen stürzen. Das ergiebt sich daraus, dafs das Berücksichtigen oder Nichtberücksichtigen Einer (von Schröder selbst als zur Vergleichung zulässig betrachteten) Verbindung einen in der Erwartung von mehr oder weniger Compensation gesuchten Mittelwerth so verschieden ausfallen läfst, dafs alle Deduction von vermeintlichen Regelmäfsigkeiten aus denselben unmöglich wird (Vergl. §. 17 und 18).

Aus Schröder's Untersuchung geht nicht mit Bestimmtheit hervor, ob er unter dem „mittleren Einflufs" des Kohlenstoffs z. B. eine Gröfse verstehe, welche den Einflufs des Kohlenstoffs in einzelnen Verbindungen wirklich ausdrückt, oder eine mittlere Zahl zwischen mehreren solchen Gröfsen für verschiedene Verbindungsgruppen. Es läfst sich indefs wohl nur das erstere annehmen. Schröder will nämlich beweisen, die Siedepunkts-Einflüsse der Elemente (eines Doppelatoms derselben) seyen stets Multipla von 7°,2. Es müfsten also auch 2C in verschiedenen Verbindungsgruppen Einflüsse ausüben, ausgedrückt durch Zahlen, welche Multipla von 7,2 wären. Wenn aber für das Mittel aus solchen Zahlen (oder überhaupt eine zwischen ihnen liegende Zahl) gezeigt würde, dafs es ein Multiplum von 7,2 ist, so wäre es natürlich sehr unwahrscheinlich, dafs jene Zahlen selbst Multipla von 7,2 sind, da Schröder doch zu glauben scheint, die Einflüsse des Kohlenstoffs in

verschiedenen Verbindungen differiren nicht viel von einander (diese Ann. LXVII., 47 sagt er: dieser Einfluſs sey ein nahe constanter; diese Ann. LXXIX., 39: dieser Einfluſs sey in den Aetherarten und Kohlenwasserstoffen durchschnittlich nahe als gleich anzunehmen). Ferner wäre selbst mit dem Nachweis der vermeintlichen Gesetzmäſsigkeit für solche Mittelzahlen noch kein Beweis gegeben für die Zahlen, welche die Einflüsse der Elemente in einzelnen Verbindungen ausdrücken, und letztere Einflüsse sind doch nur das wirklich Existirende. Man mag übrigens Schröder's Mittelzahlen auffassen wie man will, so sind sie aus den eben angegebenen Gründen unzuverlässige, zufällige Zahlen.

§. 13. Zu der irrigen Grundlage der neuen Untersuchungen Schröder's gesellt sich ein Irrthum in der Ausführung der Berechnungen.

Schröder stellt die Substanzen, welche von ihm als zur Vergleichung brauchbar befunden wurden (§. 9), paarweise zusammen, so daſs sich gleiche Zusammensetzungs-Differenzen D oder Multipla xD ergeben. Er sucht sodann die dieser Zusammensetzungs-Differenz D zugehörige mittlere Siedepunkts-Differenz, indem er mit der Summe aller D und xD in die Summe aller zugehörigen Siedepunkts-Differenzen dividirt. Bei diesem Verfahren wird also jeder Combination, die aus zwei um D oder xD in der Zusammensetzung differirenden Verbindungen gebildet ist, ein Einfluſs auf das zu suchende arithmetische Mittel beigelegt, welcher der Gröſse der Zusammensetzungs-Differenz, also x, proportional ist. Dieses Verfahren wäre ganz statthaft zur Beseitigung der zufälligen Fehler in den Siedepunkts-Beobachtungen, wenn man nur diese möglichst eliminiren wollte; also z. B. bei der Berechnung von Siedepunkts-Differenzen in einer Reihe, für deren Glieder unzweifelhaft die Einflüsse der Elemente und die Constante S unveränderlich angenommen werden können, und wo die Beobachtungen selbst alle gleich sicher sind. Es ist aber unstatthaft, wenn man den mittleren Einfluſs eines Elements in der

Art bestimmen will, dafs man durch eine grofse Zahl von Combinationen die Schwankungen auf und ab, welche nach Schröder in dem Einfluſs eines Elements wirklich sollen statthaben können, sich möglichst compensiren lassen will. Hier müfste man den Resultaten aller Combinationen gleichen Einfluſs auf die Berechnung des Mittelwerths zugestehen, aus jeder Combination die der Zusammensetzungs-Differenz D zugehörigen Siedepunkts-Differenz ableiten, und aus diesen Resultaten das Mittel nehmen. Schröder meint zwar (S. 53 f.), dafs aus Combinationen, welche eine gröfsere Zusammensetzungs-Differenz xD ergeben, sich auch eine in demselben Verhältnifs sicherere Siedepunkts-Differenz ableite, weil die Schwankung in dem Einfluſs der Zusammensetzungs-Differenz sich in demselben Verhältnifs mehr vertheile, durch eine gröfsere Zahl x dividirt werde. Das wäre der Fall, wenn der Einfluſs eines Elements auf den Siedepunkt einer Verbindung unabhängig wäre von der Anzahl Atome des Elements, welche in 1 Atom der Verbindung enthalten sind. Wie zwei Substanzen A und B den Kohlenstoff mit einem verschiedenen Einfluſs auf den Siedepunkt enthalten, so wird die Verschiedenheit dieses Einflusses sich um so deutlicher äufsern, je mehr Kohlenstoffatome in der Zusammensetzungs-Differenz beider Substanzen enthalten sind. Nach Schröder's Ansicht müfsten übrigens offenbar bei seinen Rechnungen die Siedepunkts-Differenzen, welche derselben Zusammensetzungs-Differenz D entsprechen, sich um so übereinstimmender ergeben, je gröfsere Differenzen xD zu ihrer Herleitung dienten; was die Erfahrung auch gar nicht bestätigt.

Schröder ist der Ansicht (S. 54), wenn man aus allen Combinationen, welche die Zusammensetzungs-Differenz xD ergeben, die Siedepunkts-Differenz für die einfache Zusammensetzungs-Differenz D ableite und dann aus diesen Resultaten das Mittel nehme, so erhalte man nicht *wesentlich* abweichende Resultate. Es scheint jedoch, dafs die Verschiedenheit der auf beiderlei Wegen erhaltenen

Resultate, die z. B. §. 21 hervorgehoben ist, eine sehr wesentliche genannt werden mufs.

§. 14. Den Einfluſs des Sauerstoffs auf den Siedepunkt sucht Schröder zuerst durch Vergleichung der Aetherarten und der Kohlenwasserstoffe, welche sich in ihrer Zusammensetzung um O^2 oder xO^2 unterscheiden. Der Raumersparniſs wegen theilt er nie die einzelnen Resultate solcher Vergleichungen mit, sondern nur den Mittelwerth, wie er ihn nach der in §. 13 besprochenen irrigen Methode berechnet; die einzelnen Resultate seyen ohne Interesse, nur die Mittelwerthe haben Bedeutung. Offenbar hängt jedoch hier die Bedeutung des Mittelwerths von der gröſseren oder geringeren Uebereinstimmung der Zahlen, die ihn ergeben, sehr wesentlich ab, und ich will die letztern zur Prüfung der Mittelwerthe und der Schröder'schen Methode vorlegen. Aus den 21 Combinationen, welche Schröder in diesen Ann. LXXIX., 43 aufzählt, ergiebt sich die Siedepunkts-Erhöhung, welche bei Vergleichung von Aetherarten und Kohlenwasserstoffen einem Mehrgehalt an O_2 entspricht, zu:

1) 38	4) 30	7) 28	10) 31	13) 29	16) 27	19) 34
2) 30	5) 29	8) 29	11) 34	14) 27	17) 18	20) 16
3) 23	6) 25	9) 30	12) 36	15) 25	18) 25	21) 25.

Diese Zahlen sind so differirend, daſs ein Mittelwerth aus ihnen wenig Anspruch darauf machen kann, ein Naturgesetz zu begründen. Der Mittelwerth ergiebt sich aus dem Vorstehenden zu 28,0; Schröder berechnet ihn nach seiner irrigen Methode (§. 13) zu 28,3.

§. 15. Die sieben Combinationen Schröders (S. 44), welche sich aus Säuren, die 4O enthalten, und Kohlenwasserstoffen bilden lassen, ergeben für einen Mehrgehalt an O_4 eine Siedepunkts-Erhöhung um

1) 164; 2) 148; 3) 134; 4) 136; 5) 140; 6) 151; 7) 126; im Mittel 142,7; Schröder bestimmt es irrthümlich zu 144,2. Er hebt hervor, daſs dieser Einfluſs von O_4 in den Säuren zu dem Einfluſs von O_2 in den Aetherarten in dem Verhältniſs 5 : 1 stehe.

§. 16. Wenn nach dem Vorstehenden durch Vergleichung von Aetherarten mit Kohlenstoffen für O_2 der Einfluſs 28,3, also für O_4 der Einfluſs $2\times28{,}3$ gefunden wurde, durch Vergleichung von Säuren mit Kohlenwasserstoffen aber für O_4 nahezu der Einfluſs $5\times28{,}3$, so muſs, wenn man die Aetherarten und Säuren von gleicher Zusammensetzung mit einander vergleicht, zwischen ihnen eine Siedepunkts-Differenz von $3\times28{,}3$ statthaben. Da bei diesen Vergleichungen der Mehrzahl nach dieselben Säuren, dieselben Aetherarten und dieselben Kohlenwasserstoffe benutzt wurden, so muſs dieses so gewiſs der Fall seyn, als aus $A = D + x$ und $B = D + y$ sich $B - A = y - x$ ergiebt. Schröder sieht hingegen darin einen Beweis, daſs die im §. 15 angeführte Relation wesentlich und nicht bloſs zufällig sey. Die Siedepunkts-Differenzen in den von ihm zusammengestellten neun Paaren von Säuren und damit metameren Aethern (S. 45) sind:

1) 84; 2) 84; 3) 82; 4) 88; 5) 75; 6) 93; 7) 91; 8) 90; 9) 76.

Es sind hier stets Glieder Einer Reihe homologer Substanzen (Säuren $C_{2n}H_{2n}O_4$) mit Gliedern Einer anderen Reihe homologer Substanzen (Aether $C_{2n}H_{7n}O_4$) verglichen. Deshalb die gröſsere Uebereinstimmung in vielen dieser Zahlen, die sich am deutlichsten ausspricht, wo Substanzen verglichen sind, deren Siedepunkte wiederholte Beobachtungen mit gröſserer Sicherheit festgestellt haben. (Die drei Differenzen 6), 7) und 8) sind durch Combination dreier metameren Aether $C_{12}H_{12}O_4$ von wesentlich demselben Siedepunkt mit einer und derselben Säure, Capronsäure, erhalten, so daſs eine Ungenauigkeit in der Bestimmung des Siedepunkts der letzteren drei unter sich nahe übereinstimmende, aber von den andern Zahlen abweichende Differenzen hervorbringen muſs.

§. 17. Um den Einfluſs des Kohlenstoffs zu finden, sucht Schröder auf, welche Siedepunkts-Differenz der Zusammensetzungs-Differenz C_2O_2 entspreche, und vergleicht zu dem Ende (S. 47) die Aetherarten unter sich

und mit den Kohlenwasserstoffen in 19 Combinationen. Aus diesen ergiebt sich die gesuchte Siedepunkts-Differenz:

1) 70	4) 58	7) 47	10) 55	13) 36	16) 73	18) 61
2) 65	5) 70	8) 57	11) 48	14) 65	17) 61	19) 60
3) 60	6) 58	9) 59	12) 42	15) 60		

Schröder nimmt keinen Anstand, trotz der Verschiedenheit dieser Zahlen [1]) doch aus diesen Combinationen nach seiner irrigen Methode (§. 13) einen Mittelwerth zu suchen; er findet $57,9 = 2.28,9$, nahe gleich dem doppelten Einfluſs, welchen er für O_2 in den Aetherarten annimmt (§. 14). Er schlieſst, es müsse der Einfluſs von C_2 dem von O_2 gleich seyn.

So plausibel dieſs aussieht, hat es doch gar keine Bedeutung, trotz der 19 Combinationen, aus welchen der mittlere Einfluſs von C_2O_2 abgeleitet wurde. Und deshalb nicht, weil dieser „mittlere Einfluſs“ von C_2O_2 so unsicher ist, daſs das Beachten oder Vernachlässigen Einer Siedepunkts-Angabe ihn erheblich genug ändert, um die ganze von Schröder vermeintlich gefundene Regelmäſsigkeit umzustoſsen. Schröder hat durch irgend ein Versehen den Oxalholzäther nicht zu Vergleichungen benutzt, wo es belehrend gewesen wäre es zu thun (vergl. §. 18); hätte im vorliegenden Falle das Versehen den Brenzschleimäther getroffen, und wäre nur diese Eine Substanz zur Bildung von Combinationen nicht benutzt worden, so hätte Schröder für den „mittleren Einfluſs“ von C_2O_2 die von 57,9 sehr verschiedene Zahl 55,7 gefunden; hätte das Versehen hingegen den Benzoëamyläther getroffen, so hätte er für denselben „mittleren Einfluſs“ von C_2O_2 61,0 gefunden. In einem solchen Fall, der natürlich auch durch das Hinzukommen einer neuen Siedepunkt-Angabe veranlaſst werden kann, bleibt die Erkenntniſs, daſs C_2 den-

1) Die auffallende Uebereinstimmung der Zahlen in 17), 18) und 19) hat darin ihren Grund, daſs hier eine und dieselbe Substanz (Aconitäther) mit drei metameren Aetherarten $C_{12}H_{12}O_4$ von wesentlich demselben Siedepunkt verglichen worden ist.

selben Einfluſs ausübt, wie O_2, „verschleiert“. Offenbar hängt das Princip der Schröder'schen Untersuchung, des „mehr oder weniger Compensiren“, an sehr schwachen Fäden, und die Zahl 57,9, aus welcher die erwähnte Erkenntniſs hervorging, kann nur als eine äuſserst zufällige betrachtet werden.

§. 18. Schröder sucht indeſs diese Erkenntniſs weiter zu bestätigen durch die Aufsuchung des Einflusses von C_2O_4; er leitet diesen ab (S. 48) aus zehn Combinationen von Aetherarten unter einander und mit Kohlenwasserstoffen. Diese Combinationen ergeben für diesen Einfluſs:

1) 90	3) 99	5) 90	7) 98	9) 85
2) 91	4) 81	6) 85	8) 81	10) 64.

Aus diesen Combinationen leitet Schröder den Mittelwerth 86,82 ab, welcher $= 3 \times 28{,}94$ ist, woran sich die erwähnte Regelmäſsigkeit bestätige. Aber der Werth 86,82 ist wiederum ein vollkommen unzuverlässiger. S. 72 bemerkt Schröder, durch ein unbekanntes Versehen sey der Oxalholzäther bei der Bildung von Combinationen nicht mit berücksichtigt worden; hätte dieses Versehen nicht den Oxalholzäther, sondern an seiner Stelle den Capronholzäther betroffen, so hätte Schröder den mittleren Einfluſs von C_2O_4 zu 91,8 statt zu 86,8 gefunden, was doch eine sehr verschiedene Zahl ist. Das vollkommen Zufällige der Zahlen, mit welchen in Schröder's Untersuchungen Naturgesetze vorgestellt werden, zeigt sich auch hier deutlich.

§. 19. Schröder sucht weiter aus 17 Combinationen von Säuren unter einander und Aetherarten unter einander (S. 49) den Einfluſs des Kohlenstoffs direct; diese Combinationen ergeben für C_2

1) 28	4) 26	7) 28	10) 30	13) 29	16) 32
2) 25	5) 31	8) 25	11) 28	14) 29	17) 33
3) 25	6) 27	9) 29	12) 28	15) 23	

während 56 Combinationen von Kohlenwasserstoffen für C_2 ergeben:

1)	52	8)	34	15)	24	22)	8	29)	26	36)	23	43)	37	50)	27
2)	46	9)	27	16)	36	23)	32	30)	42	37)	31	44)	23	51)	29
3)	22	10)	37	17)	32	24)	29	31)	18	38)	30	45)	11	52)	0
4)	30	11)	31	18)	28	25)	25	32)	41	39)	33	46)	15	53)	8
5)	22	12)	27	19)	36	26)	30	33)	29	40)	41	47)	22	54)	22
6)	15	13)	34	20)	34	27)	33	34)	39	41)	36	48)	28	55)	34
7)	42	14)	29	21)	31	28)	50	35)	33	42)	38	49)	34	56)	45.

Die letztern Zahlen sind unter sich so abweichend, dafs sich auf das klarste herausstellt, durch diese Art von Vergleichungen könne man zur Erkenntnifs von Gesetzmäfsigkeiten nicht gelangen. Schröder nimmt jedoch keinen Anstand, auch diese Zahlen zur Aufsuchung von Mittelwerthen zu benutzen. Die 17 Combinationen von Säuren und Aetherarten geben ihm für den Einfluſs von C_2 den Mittelwerth 27,6, die 56 Combinationen von Kohlenwasserstoffen für denselben Einfluſs die sehr differirende Zahl 30,8. Beide Zahlen stimmen unter einander nicht, auch nicht mit der vermeintlichen Gesetzmäfsigkeit, der Einfluſs von C_2 sey gleich dem von O_2, 28 bis 29°. Es wird deshalb aus allen Combinationen ein gemeinschaftlicher Mittelwerth genommen, und so 29,8 erzielt, was auch nicht gut pafst. Dafs für diese Zahl später, wo gezeigt werden soll, zu wie übereinstimmenden Werthen für O_2 oder C_2 man auf ganz verschiedene Weise komme, und dafs der wahrscheinlichste Werth dafür 28,8 sey, die sehr gut passende 28,8 steht, ist ein Druckfehler.

§. 20. Aus dem Vorhergehenden dürfte sich, im Anschlufs an das §. 12 über die von Schröder befolgte Methode Bemerkte, Folgendes mit Gewifsheit herausstellen.

Die Mittelwerthe, auf welche Schröder die vermeintliche Entdeckung eines gleichen Einflusses von Sauerstoff und Kohlenstoff auf den Siedepunkt stützt, sind so zufällige Zahlen, dafs aus ihnen gar Nichts hinsichtlich einer Gesetzmäfsigkeit geschlossen werden kann (vergl. §§. 17 und 18).

Die Verschiedenheit der Zahlen, welche den Einfluſs desselben Elements oder desselben Atomcomplexes darstellen sollen, rührt vorzugsweise davon her, dafs nicht ver-

gleichbare Verbindungen mit einander verglichen worden sind.

Dafs diese Zahlen nicht noch stärker unter einander differiren, und dafs die Mittelwerthe für C_2 und O_2 sich um etwa 29° herumbewegen, hat darin seinen Grund, weil nur solche Substanzen berücksichtigt sind, deren beobachteter Siedepunkt um weniger als 30° von dem Resultat einer vorläufig angenommenen Formel abweicht, in welcher letzterer 31 für C_2 und 29 für O_2 angenommen war (§. 9), also weil diejenigen Substanzen von vornherein ausgeschlossen sind, welche gröfsere Differenzen ergeben hätten.

Dafs sich oft sehr annähernd gleiche Differenzen ergeben, beruht manchmal darauf, dafs wirklich vergleichbare Substanzen verglichen wurden (z. B. §. 16). Häufig wird diefs auch dadurch hervorgebracht, dafs mit einer und derselben Substanz verschiedene andere isomere von wesentlich demselben Siedepunkt zu verschiedenen Combinationen vereinigt wurden, wo natürlich sich nahezu gleiche Siedepunkts-Differenzen ergeben. Manchmal wirkt auch wohl die von Schröder früher (diese Ann. LXIV., 390) eingesehene Ursache, dafs bei dem Vergleichen auf das Gerathewohl hin sich Uebereinstimmungen in den Siedepunkts-Differenzen ergeben können, weil die Beobachtungen *nicht* genau sind.

Schröder glaubt den gemeinsamen Werth für C_2 und O_2 auf sehr verschiedene Weise und aus sehr verschiedenen Combinationen nahe übereinstimmend gefunden zu haben; diefs hat in eigenthümlichen Ansichten der Art, wie §. 16 hervorgehoben wurde, seinen Grund. Wo der Einfluſs eines Elements auf wesentlich verschiedene Art zweimal bestimmt wurde, ergaben sich für ihn sehr abweichende Werthe (vergl. §. 19).

§. 21. Es gilt — zur Darlegung, dafs die Einflüsse der Elemente in einfachen Verhältnissen zu einander stehen — diefs auch für den Wasserstoff darzuthun, für welchen Schröder den Einfluſs von H_2 zuerst zu — 3, dann zu — 10 bestimmt hatte; es gilt, dafür eine Zahl zu finden,

die zu dem angenommenen Fundamentalwerth für O_2 und C_2, 28,8, in einem einfachen Verhältnifs stehe. Schröder glaubt jetzt (S. 56) den Einfluſs des Wasserstoffs am sichersten auf indirectem Wege zu finden; er sucht die Siedepunkts-Differenz für die Zusammensetzungs-Differenz C_4H_2 durch Vergleichung von Kohlenwasserstoffen unter einander und ebenso von Aetherarten und von Säuren in 24 Combinationen; diese ergeben für den Einfluſs von C_4H_2:

1) 87 4) 58 7) 58 10) 44 13) 63 16) 38 19) 51 22) 52
2) 71 5) 53 8) 44 11) 51 14) 51 17) 48 20) 38 23) 51
3) 57 6) 48 9) 40 12) 57 15) 52 18) 45 21) 43 24) 51.

Er leitet aus diesen 24 Combinationen in irriger Weise (vergl. §. 13) für C_4H_2 den Mittelwerth 50,9 ab; durch Abzug von $57{,}6 = 2 \times 28{,}8$ (für C_4) ergiebt sich $-6{,}7$ für den Einfluſs von H_2. Er nimmt dafür an $-7{,}2 = \frac{1}{4} \times 28{,}8$.

Berechnet man aber den Mittelwerth aus den 24 Combinationen richtig, dem Resultat aus jeder Combination denselben Werth beilegend, so erhält man für den Einfluſs von C_4H_2 52,1 und für den von H_2 also $-5{,}5$. Letztere Zahl weicht von 7,2 doch so stark ab, daſs sie mit dem neu angekündigten Naturgesetz nicht verträglich ist.

§. 22. Eine Controle seiner Annahme für den Einfluſs von H_2 sucht Schröder nicht direct (durch Vergleichung von Substanzen, deren Formeln um H_2 oder xH_2 differiren). Doch wäre es ein leichtes, auch auf diese Art einen Mittelwerth aus vielen Combinationen zu erhalten, welcher sich der eben angenommenen Zahl $-7{,}2$ genügend anschlösse; man müſste freilich davor nicht zurückweichen, daſs bei Vergleichung der von Schröder zu seinen Combinationen benutzten Substanzen sich der Einfluſs des Wasserstoffs bald erniedrigend, bald erhöhend ergiebt, und hoffen, daſs sich diese Schwankungen mehr oder weniger compensiren.

Schröder sucht im Gegentheil seine Annahme für den Einfluſs von $-H_2$ auch indirect zu bestätigen; er sucht den Einfluſs des Elementarcomplexes C_2H_2. Um diesen

letzteren oder ein Multiplum desselben unterscheiden sich die Glieder je Einer Reihe homologer Verbindungen; ich bestimmte für seinen Einfluſs als wahrscheinlichsten Werth 19°. Schröder hat wiederholt seine Ansichten ausgesprochen, dieser Einfluſs von C_2H_2 sey in verschiedenen Reihen ungleich groſs; für C_2H_2 in der Reihe der Säuren $C_{2n}H_{2n}O_4$ sey er 21°, für C_2H_2 als die Zusammensetzungs-Differenz der Aethyl- und Methyl-Verbindungen aber kleiner [1]).

§. 23. Schröder geht jetzt auf einmal von seinem bisher befolgten Principe ab, Einen Mittelwerth für den Einfluſs eines Elementencomplexes aus möglichst vielen Combinationen zu suchen; er käme auch wirklich bei consequenter Befolgung der bisher angewandten Methode zu Zahlen für den Einfluſs von C_2H_2 und von H_2, welche zu 28,8 nicht in einfachen Verhältnissen stehen. Er vermeidet plötzlich den möglichen Irrthum, der daraus entstehen könnte, Essigäther (Siedep. 74°) sowohl mit Ameisenäther (55°) als auch mit Essigholzäther (57°) zu vergleichen [2]), ob er gleich bei den bisherigen Berechnungen nicht nur alle Combinationen von Einer Substanz mit mehreren anderen unter sich metameren und nahe denselben Siedepunkt besitzenden Substanzen für zulässig hielt, sondern selbst isomere Kohlenwasserstoffe, für welche er die verschiedenen Siedepunkte $-2°$, $+14°$, $+28°$ angegeben fand, zu möglichst vielen Combinationen benutzte, um einen Mit-

1) Ob hier eine Verschiedenheit stattfinde, hängt mit der Frage zusammen, ob metamere Aether $C_{2n}H_{2n}O_4$ denselben Siedepunkt haben, oder nicht. Schröder meint (S. 58), ersteres sey auch durch neuere, auf diesen Punkt gerichtete, Untersuchungen nicht aufser Zweifel gesetzt worden. Allerdings ist es diefs ebenso wenig, als die Frage, ob dieselbe Substanz unter gleichen Umständen denselben Siedepunkt habe; aufser Zweifel gesetzt ist aber wohl, dafs die Siedepunkte solcher möglichst reiner Aether nicht mehr von einander differiren, als die Siedepunkts-Beobachtungen an möglichst reinen Präparaten von verschiedenen Darstellungen eines und desselben Aethers.

2) Ich schreibe hier für die Siedepunkte die von Schröder seinen Berechnungen zu Grunde gelegten Zahlen.

telwerth abzuleiten. Er vergleicht jetzt zur Auffindung des Einflusses C_2H_2 in den Säuren $C_{2n}H_{2n}O_4$ die Säuren unter sich, die Methyl-Verbindungen unter sich und ebenso die Aethyl- und die Amyl-Verbindungen, und findet aus solchen 43 Combinationen für C_2H_2 21,3 (richtige Rechnung giebt 21,5), für H_2 also 21,3 — 28,8 = — 7,5. Er legt dabei genaue und zweifelhafte Beobachtungen, sichere und unsichere Siedepunkts-Angaben zu Grund; welche Sicherheit sein auf diese Art erhaltener Mittelwerth habe, zeigt folgende Zusammenstellung der aus den einzelnen Combinationen für den Einfluſs von C_2H_2 sich ergebenden Resultate [1]).

1 u. 2) 17	3 u. 6) 19,8	9 u. 10) 15	13 u. 17) 23,3
1 - 3) 19	4 - 5) 31	9 - 11) 25	14 - 15) 20
1 - 4) 18,5	4 - 6) 21	10 - 11) 35	14 - 16) 24,5
1 - 5) 21	5 - 6) 16	12 - 13) 19	14 - 17) 25,2
1 - 6) 19,6	7 - 8) 23	12 - 14) 19,3	15 - 16) 29
2 - 3) 21	7 - 9) 22	12 - 15) 19,5	15 - 17) 27
2 - 4) 19	7 - 10) 20,2	12 - 16) 21,4	16 - 17) 26
2 - 5) 22	7 - 11) 23,2	12 - 17) 22,7	18 - 19) 13
2 - 6) 20	8 - 9) 21,5	13 - 14) 19,5	18 - 20) 20
3 - 4) 18	8 - 10) 19,3	13 - 15) 19,7	19 - 20) 22,3
3 - 5) 22,3	8 - 11) 23,2	13 - 16) 22.	

Das Merkwürdige ist, daſs unter diesen 43 Combinationen, aus welchen Schröder einen so gut passenden Mittelwerth findet, 16 sind, die nach seiner eigenen Meinung gar nicht hierher gehören, nämlich die mit Valeriansäure oder Valeriansäure-Verbindungen gebildeten. S. 62

1) Schröder benutzte zur Bildung dieser Combinationen folgende Substanzen und die beigefügten Siedepunkte: 1) Ameisensäure (101), 2) Essigsäure (118), 3) Metacetonsäure (139), (die Buttersäure ist übersehen), 4) Valeriansäure (175), 5) Capronsäure (206), 6) Caprylsäure (238), 7) Ameisenholzäther (34), 8) Essigholzäther (57), 9) Butterholzäther (100), 10) Valerianholzäther (115), 11) Capronholzäther (150), 12) Ameisenäther (55), 13) Essigäther (74), 14) Butteräther (113), 15) Valerianäther (133), 16) Capronäther (162) 17) Caprylather (214), 18) Ameisenamyläther (116), 19) Essigamyläther (129), 20) Valerianamyläther (196).

theilt er nämlich mit, die Valeriansäure gehöre nicht in dieselbe Reihe, wie die andern hier genannten Säuren.

Wie scharf der Einfluſs von C_2H_2 hier bestimmt sey, ergiebt sich weiter noch aus Folgendem. Das Mittel der einzelnen Werthe für C_2H_2 in obigen 43 Combinationen ist 21,5. Schröder hat die Angabe 214° für Capryläther benutzt, die Angabe 264° für den ganz hiehergehörigen Pichurimtalgäther nicht. Macht man es umgekehrt, so ergiebt sich der Mittelwerth für den Einfluſs von C_2H_2 fast um eine ganze Einheit anders, zu 20,8.

§. 24. Die Siedepunkts-Differenz zwischen den entsprechenden Aethyl- und Methyl-Verbindungen nahm Schröder früher an zu 17° (diese Ann. LXII., 186), dann zu 16° (diese Ann. LXIV, 100, 397), dann zu 14° (diese Ann. LXVII., 73). Letztere Zahl steht zu dem angenommenen Fundamentalwerth 28,8 annähernd in einem einfachen Verhältnifs, und wird jetzt bestätigt. Sie wird sehr unsicher abgeleitet, nämlich aus neun Vergleichungen [1) der ameisens., 2) der essigs., 3) der butters., 4) der valerians., 5) der caprons., 6) der benzoës., 7) der salicyls., 8) der zimmts. Aethyl- und Methyläther und 9) des Alkohols und des Holzgeistes], für welche Schröder die Siedepunkts-Differenzen berechnet:

1) 21; 2) 17; 3) 13; 4) 18; 5) 12; 6) 10; 7) 2; 8) 20; 9) 13.

Hätte Schröder für den Siedepunkt des Capronäthers statt Fehling's Angabe 162°, Lerch's Angabe 120° benutzt, welche ihm früher (Diese Ann. LXIV., 376) bei der Deduction haarscharf passender Siedpunkts-Regelmäſsigkeiten brauchbar war, so hätte sich die gesuchte mittlere Siedepunkts-Differenz auch noch kleiner finden lassen. Das Princip, daſs viele weniger gut stimmende Resultate einen besseren Mittelwerth ergeben, als wenige gut stimmende, zeigt sich hier sehr anwendbar. Vorhandene Siedepunkts-Angaben für dieselbe Substanz benutzt man — ohne Rücksicht darauf, ob der Siedepunkt nur gelegentlich beobachtet wurde, oder ob die genaue Bestimmung desselben und die Entfernung aller eine Störung hervor-

bringenden Einflüsse die eigentliche Aufgabe war, — zur Bildung eines Mittelwerthes, und aus solchen Mittelwerthen leitet man Differenzen ab wie die eben angegebenen und nimmt aus ihnen wieder das Mittel. Schröder selbst schenkt indefs der Differenz 14° für C_2H_2 kein grofses Vertrauen, obgleich es wohl kaum so vergleichbare und verhältnifsmäfsig gut untersuchte Substanzen giebt, als entsprechende Aethyl- und Methyl-Verbindungen. Allerdings gaben meine Beobachtungen für die ameisensauren Verbindungen die Siedpunkts-Differenz 21°, für die essigs., butters. und valerians. 18 bis 19°; allerdings gaben die Beobachtungen von Millon, Dumas und Peligot für die salpeters. 19°, die von E. Kopp und Chancel für die nitrobenzoës. 18, die von E. Kopp und Marchand für die zimmts. 19 bis 21°, ziemlich viele gut übereinstimmende Resultate, die der Zahl 14 und dem Schröder'schen Naturgesetz nicht günstig sind. Zur Auffindung der letztern unrichtigen Zahl tragen wesentlich bei die Angaben von Cahours für salicyls. Aethyloxyd (225°) und salicyls. Methyloxyd (223°), welche die Differenz 2 ergeben; Cahours selbst weifs gewifs diesen Beobachtungen ihren wahren Werth für die Entscheidung solcher Fragen beizulegen, aber ihn läfst das Resultat derselben ganz unbesorgt darüber, dafs die Siedepunkts-Differenz der entsprechenden Aethyl- und Methyl-Verbindungen viel gröfser, etwa 20° sey (*Ann. chim. phys.*, 3me *Série, XXVII.* 465).

§. 25. Als aus der Vergleichung sauerstoffhaltiger Verbindungen sich für den Einfluſs des Kohlenstoffs ein anderer Werth ergab, als aus der Vergleichung der Kohlenwasserstoffe, und das Gesetz, dafs die Siedepunktseinflüsse Multipla von 7,2 seyen, in den einzelnen Mittelwerthen, oder doch einem derselben sich nicht bestätigte, war das Aufsuchen eines gemeinschaftlichen Mittelwerths statthaft (§. 19). Für den Einfluſs von C_4H_2, wo die einzelnen Resultate um mehr als das Doppelte von einander abwichen (§. 21) konnte gleichfalls ein ganz allgemeiner Mittelwerth genommen werden. Aber für C_2H_2 geschieht dieſs

nicht; jeder der einzeln gefundenen Mittelwerthe ist ein Multiplum von 7,2, der gemeinsame Mittelwerth wäre es aber nicht.

Aus entsprechenden Amyl- und Methyl-Verbindungen findet Schröder den Siedepunktseinfluſs von $4C_2H_2$ zu 71°,2, für C_2H_2 also 18. Diese Zahl ist kein Multiplum von 7,2; auch weiſs Schröder nicht (S. 61), ob man *berechtigt* sey, diese Division $\frac{71,2}{4}$ vorzunehmen, die ganze Siedepunktsdifferenz auf jedes einzelne C_2H_2 gleichmäſsig zu vertheilen. Kein Competenzscrupel tauchte auf, als er bis dahin, z. B. bei der Vergleichung von Essigäther und Caoutchen, von Brenzschleimäther und Toluol, von Benzoëamyläther und Terpentinöl u. a., ähnliche gleichmäſsige Vertheilungen fort und fort vornahm; er fand dabei Mittelwerthe, die mehr oder weniger nahe Multipla von 7,2 waren. Aber bei der Vergleichung so analoger Substanzen, wie die entsprechenden Methyl- und Amyl-Verbindungen, wird die Berechtigung zweifelhaft; 18 ist kein Multiplum von 7,2. Für den Nothfall aber wird in Aussicht gestellt (S. 61, 67, 68), daſs die Siedepunkts-Einflüsse der Elemente und der Elementencomplexe Multipla seyn müssen, nicht von 7,2, sondern von 3,6, was natürlich viel schwieriger zu widerlegen ist, wie es denn noch schwieriger seyn würde, zu zeigen, daſs sie *nicht* Multipla seyen von 1,8 oder von 0,9, weil der Siedepunkt für eine Substanz im ganz reinen Zustand sehr schwer so genau zu bestimmen ist.

§. 26. Schröder glaubt noch einen sehr directen Beweis dafür zu geben, daſs die Siedepunkts-Einflüsse und somit auch die Siedepunkts-Differenzen Multipla von 7,2 seyen. Gut untersuchte Substanzen, 1) Wasser, 2) Alkohol, 3) Aether geben die Siedepunkts-Differenzen 1 u. 2) $21°,8 = 3\times7,3$; 1 u. 3) $64°,8 = 9\times7,2$; 2 u. 3) $43°,0 = 6\times7,2$. Wenn bei andern Substanzen sich das nicht zeigt, so macht dieſs auch das Vorkommen von Siedepunkts-Schwankungen um $x\times3°,6$ wahrscheinlich.

Die Differenz 1 u. 2) ist $= 2\times10{,}9$; 1 u. 3) $= 6\times10{,}8$; 2 u. 3) $= 4\times10{,}8$; dämmert hier nicht ein ähnliches Naturgesetz? Fand Schröder nicht (diese Ann. LXIV, 367) früher für den Einfluſs von H_2 die Zahl —10?, nicht für C_2 31 und für O_2 29,5, im Mittel sehr nahe $30=3\times10$? nicht früher für C_2O_2 $60{,}5=6\times10$ und für C_2O_4 $90=9\times10$? findet er nicht jetzt für C_4H_2 $50{,}8=5\times10$? Ist der mittlere Einfluſs von C_2H_2 — wenn so berechnet, wie Schröder ohne Bedenken die Einflüsse von O_2, C_2, C_2O_4, C_2O_2, C_4H_2 berechnet, nämlich durch Aufsuchung Eines Mittelwerths, aus allen möglichen Combinationen, ohne Bildung von Unterabtheilungen — nicht sehr nahe $20=2\times10$? lassen sich mit diesen Zahlen nicht auch Naturgesetze wie die von ihm angekündigten vorstellen, haben sie nicht ebenso viel, d. h. ebenso wenig, Wahrscheinlichkeit als die von ihm vorgezogenen? lassen sich nicht auch hier die nicht passenden Beobachtungen „principiell von vornherein ausschlieſsen?“ und läſst sich nicht auch hier im Nothfall sagen, wenn die beobachteten Siedepunkts-Differenzen nicht Multipla von 10 sind, es mache dieſs wahrscheinlich, daſs sie Multipla von 5 oder von 2,5 seyen?

§. 27. Als zweiten Theil seiner Untersuchung giebt Schröder (S. 68 ff.) theoretische Formeln für die Siedepunkte einzelner Verbindungsgruppen. Wozu diese Formeln dienen sollen, ist mir nicht klar. Die Siedepunkte der Substanzen brauchen nämlich mit den Resultaten der Formeln gar nicht übereinzustimmen; die Differenzen sollen in der Regel sich innerhalb nicht sehr weiter Gränzen halten, und sich theoretisch durch „$\pm7°{,}2$; $\pm14°{,}4$; $\pm21°6$; $\pm28°{,}8$ u. s. w.“ ausdrücken lassen. Wenn auch jemand $\pm28°{,}8$ *nicht* als weite Gränze betrachten wollte, so sind doch jedenfalls die mit „u. s. w.“ angedeuteten Gränzen sehr weite. Eventuell können die Differenzen auch Multipla von $\pm3{,}6$ seyn (vergl. §. 25). — Diese Formeln zeichnen sich u. a. dadurch aus, daſs nach ihnen der Einfluſs von C_2H_2 in den Säuren $C_{2n}H_{2n}O_4$ und in den Alkoholen ebenso groſs wäre, als in den Aetherarten $C_{2n}H_{2n}O_4$, wäh-

während Schröder wenige Seiten vorher zu beweisen sucht (vergl. §. 22 ff.), der Einfluſs von C_2H_2 sey in jenen Säuren ein ganz anderer als in den Aetherarten und den Alkoholen. Ich finde in Schröder's Arbeit keine Erklärung dieses Umstands, den man bei einer andern Theorie als einen Widerspruch bezeichnen könnte; aber ich glaube auch, daſs dieser Widerspruch mit seiner Theorie verträglich ist, insofern er sich wohl in den eben besprochenen Schwankungen auflöst.

§. 28. Ich habe bei dieser Kritik hauptsächlich die Methode im Auge gehabt, welcher die neue Theorie ihr Daseyn verdankt, das Irrige, Willkührliche, Inconsequente in derselben. Die Haltlosigkeit der Resultate ergab sich so von selbst; auf eine genauere Sichtung des Materials, aus welchem sie gewonnen wurden, brauchte nicht eingegangen zu werden. Eine Bemerkung möge jedoch hier Platz finden. Es ist anzuerkennen, daſs Schröder schon 1846 aussprach, für das Mesitylen seyen die Formel $C_{12}H_8$ und Kane's Siedepunktsangabe 135°,5 C. unverträglich mit einander; in der That fand A. W. Hofmann in neuerer Zeit dafür die Formel $C_{18}H_{12}$ und den Siedepunkt 155 bis 160°. Aber in Schröder's neuer Untersuchung wird Kane's Siedepunktsangabe, als auf Fahrenheit'sche Grade gehend, zu 58° C. reducirt, und dieser Siedepunkt für das Mesitylen hilft neben der älteren Formel $C_{12}H_8$ die vermeintlichen Gesetzmäſsigkeiten finden und begründen.

Das Vorhergehende zeigt wohl deutlich, daſs die neue Schröder'sche Siedepunktstheorie sammt den darin enthaltenen Zahlen das Resultat willkührlicher und inconsequenter Ausführung eines unrichtigen Princips ist. Ich erkenne vollkommen an, daſs die zahlreichen von Schröder aufgefundenen Fälle, wo gleicher Zusammensetzungs-Differenz gleiche Siedepunkts-Differenz entspricht, sehr viel zur Begründung der Wahrheit beigetragen haben, daſs überhaupt Abhängigkeiten in dieser Beziehung existiren; aber die Aufstellung einer Theorie, wie die oben betrachtete, nützt der weiteren Erkenntniſs dieses Gegenstandes nicht, son-

dern sie schadet ihr. Aehnliche, mit gleicher Zuversicht aufgestellte Theorien, wie die hier geprüfte, über die Abhängigkeiten physikalischer Eigenschaften von der chemischen Zusammensetzung, sind in den letzten Jahrzehnt mehrfach publicirt und bald als unhaltbar anerkannt worden; die Folge war, dafs die Untersuchung des Hiehergehörigen überhaupt in Mifscredit gekommen ist. Das Interesse an diesem Gegenstand mag indefs ein noch so geringes geworden seyn, so glaube ich doch, dafs man die Aufstellung von in der hier geprüften Art erhaltenen Resultaten als Erkenntnifs eines allgemeinen Naturgesetzes nicht unwiderlegt lassen soll, wenn man bei ruhiger Prüfung die Haltlosigkeit eingesehen hat.

IV. *Ueber die Aschenanalysen, welche nach der Methode der Verkohlung und dem Auslaugen der Kohle ausgeführt worden sind, und über die Zusammensetzung der Asche des Ochsenbluts und der Kuhmilch; von R. Weber.*

Die Methode, nach welcher die Aschen mehrerer organischer Körper untersucht worden, und deren Resultate besonders in diesen Annalen Bd. 76, S. 338 und Bd. 79, S. 398 mitgetheilt sind, bestand bekanntlich darin, dafs die verkohlten organischen Substanzen zuerst mit Wasser, darauf mit Chlorwasserstoffsäure extrahirt und die rückständige Kohle endlich mit Platinchlorid verbrannt wurde. Die Gründe, welche zu dieser Methode der Untersuchung die Veranlassung gegeben hatten, sind vom Hrn. Prof. H. Rose in früheren Abhandlungen über die Untersuchung der Asche organischer Körper ausführlich mitgetheilt worden [1]).

1) Pogg. Ann. Bd. 70, S. 449. Bd. 76, S. 305.

Obgleich nach dieser Methode alle basischen Bestandtheile der Asche einer organischen Substanz genau gefunden und bestimmt werden können, so findet diese Genauigkeit doch nicht in demselben Grade bei der Bestimmung der Säuren statt, und ganz besonders ist es die Chlorwasserstoffsäure, und in einigen Fällen auch, doch in weit minderem Grade, die Phosphorsäure, welche hierbei in ihren Bestimmungen ungenau werden und zu Fehlerquellen Veranlassung geben.

Die Versuche, welche ich vor einiger Zeit mit verschiedenen Salzen, die mit Zucker verkohlt wurden, angestellt habe [1]), haben die Ansicht, dafs aus einer verkohlten organischen Substanz Wasser und Chlorwasserstoffsäure alle in ihnen löslichen Salze auszuziehen im Stande wären, und dafs die unorganischen Bestandtheile, die dann noch in der Kohle zurückbleiben, in einem Zustande enthalten wären, in welchem sie den Lösungsmitteln widerstehen, vollständig widerlegt. Diese Versuche haben bewiesen, dafs diese Unlöslichkeit der Salze einer verkohlten organischen Substanz in den Lösungsmitteln, in welchen sie sonst sehr leicht löslich sind, auf einer merkwürdigen Eigenthümlichkeit der Kohle beruhen.

Die Beschaffenheit der Kohle, welche eine organische Substanz nach ihrer Verkohlung hinterläfst, hängt jedoch wiederum von den verschiedenen in ihr enthaltenen Salzen ab. So geben z. B. organische Substanzen, deren Asche reich an kohlensauren Alkalien oder auch an kohlensauren Erden ist, eine mehr weiche, leicht zerreibbare Kohle, aus der durch Wasser und Säuren diese Salze ihrer gröfsten Menge nach extrahirt werden können. Von dieser Beschaffenheit sind die verschiedenen Stroharten, aus denen, wenn sie nicht eine sehr bedeutende Menge von Kieselsäure enthalten, wie z. B. das Weizenstroh, nach ihrer Verkohlung fast die ganze Menge der darin enthaltenen Salze durch Wasser und Säuren ausgezogen werden kann.

Verkohlt man Zucker mit kohlensaurem Kali oder mit

1) Pogg. Annal. Bd. 79, S. 418—427.

essigsaurer Kalkerde, nachdem man, um eine recht innige Mengung beider hervorzubringen, den Zucker sowohl, wie das Salz, vorher in Wasser gelöst hatte, so erhält man eine Kohle, die eine aufserordentlich leichte Verbrennlichkeit besitzt. Bewirkt man die Verkohlung beim möglichsten Ausschlufs der Luft, so erhält man die Kohle von einer aufserordentlich lockeren und leichten Beschaffenheit, die nach dem Reiben das feinste, zarteste Pulver liefert, das in seinen äufseren Eigenschaften grofse Aehnlichkeit mit dem Kienrufs hat. Behandelt man eine solche Kohle mit Wasser, oder wenn man essigsaure Kalkerde angewandt hatte, mit Salzsäure, so wird der gröfste Theil des Salzes dadurch ausgezogen, die rückständige Kohle ist aber dann viel dichter und weit schwerer verbrennlich geworden. So wie man aber dem kohlensauren Alkali oder der essigsauren Kalkerde alkalische Chlormetalle, schwefelsaure Salze und ganz besonders phosphorsaure Salze zusetzt und diese mit einer concentrirten Zuckerlösung eindampft und verkohlt, so ist die erhaltene Kohle von ganz anderer Beschaffenheit, sie ist je nach dem verschiedenen Gehalte dieser Salze weit härter und spröder und wenn das phosphorsaure Salz vorwaltend ist oder wenn man dieses ganz allein angewandt hat, so ist die Kohle von so aufserordentlich glasartiger Beschaffenheit geworden, dafs sie sich nur mit der gröfsten Mühe pulvern läfst, und es ist dennoch nicht möglich ein feines Pulver zu erhalten. Eine solche Kohle mit Wasser oder mit Säuren behandelt, giebt nur sehr wenig von den Salzen an die Lösungsmittel ab. Diese von den phosphorsauren Salzen herrührende glasartige Beschaffenheit einer Kohle ist der Grund, warum diejenigen organischen Substanzen, die reich an phosphorsauren Salzen sind, wie z. B. die Saamen und sehr viele animalische Stoffe, nach ihrer Verkohlung eine Kohle hinterlassen, aus der Wasser und Säuren so sehr wenig von Salzen auszuziehen vermögen.

Bei der Untersuchung der Aschen aller der Substanzen, deren Resultate Bd. LXXVI dieser Annalen mitgetheilt, und

überhaupt bei allen den Aschenanalysen, die nach der daselbst angegebenen Verkohlungsmethode ausgeführt worden sind, zeigt es sich, dafs, wenn die Asche reich an phosphorsauren Salzen ist, der dritte Theil der Analyse, d. h. die rückständige ausgelaugte Kohle stets die gröfste Menge der ganzen Asche der organischen Substanz enthält, während diejenigen Substanzen, deren Asche reich an kohlensauren Alkalien und kohlensauren Erden sind, in der ausgelaugten Kohle nur sehr wenig Asche geben.

Ich bemerkte oben, dafs die nach dieser Methode ausgeführten Untersuchungen mit einigen Ungenauigkeiten hinsichtlich der Bestimmung der Säuren verknüpft sind. Wird nämlich eine verkohlte organische Substanz nach ihrer Behandlung mit Wasser mit Chlorwasserstoffsäure ausgelaugt, so kann natürlich das Chlor der unvollständig durch das Wasser extrahirten Chlormetalle weder in dem chlorwasserstoffsauren Auszuge noch in der rückständigen Kohle bestimmt werden. Die Angaben des Chlors bei dieser Analyse entsprechen daher nicht genau der in den Aschen enthaltenen Menge desselben. Ich mufs jedoch bemerken, dafs bei allen Aschenanalysen, die Verkohlung oder die Einäscherung mag nun auf eine Weise bewerkstelligt worden seyn, auf welche es sey, die Angaben des Chlors alle ungenau sind, wenn die Asche nicht reich an kohlensauren Alkalien ist, was bekanntlich nicht immer der Fall ist. Schon bei der Verkohlung einer organischen Substanz, selbst bei der gelindesten Temperatur, findet ein Verlust an Chlor statt, der nicht davon herrührt, dafs ein Theil des alkalischen Chlormetalles verflüchtigt wird, sondern der seinen Grund in einem Austreiben des Chlors bei der Verkohlung haben mufs, das aber nicht allein von in der Asche enthaltener Kieselsäure, oder von den darin enthaltenen pyro- oder metaphosphorsauren Salzen bewirkt wird. Die Kohle allein scheint beim Glühen mit alkalischen Chlormetallen auf diese zersetzend einzuwirken. Folgender Versuch spricht für diese Thatsache. Ich löste 2,171 Grm. Chlorkalium in Wasser, vermischte die Lösung mit einer

Zuckerlösung, die 6 Loth Zucker enthielt, dampfte ein und verkohlte den Rückstand bei möglichst niederer Temperatur. Die zerriebene Kohle wurde mit heifsem Wasser ausgelaugt und der Auszug zur Trockne eingedampft. Er reagirte auf Lackmuspapier stark alkalisch und gab 1,633 Grm. Rückstand. Dieser in Wasser gelöst, gab mit Salpetersäure, schwach sauer gemacht, keine bemerkbare Kohlensäure-Entwickelung. Das Chlor wurde vermittelst salpetersauren Silbers gefällt, der aus dem Chlorsilber berechnete Gehalt des Chlors betrug 41,49 Proc. des erhaltenen wäfsrigen Auszugs. Hätte dieser aus reinem Chlorkalium bestanden, so hätten 47,55 Proc. Chlor erhalten werden müssen.

Nach Entfernung des überschüssigen Silbers wurde die Flüssigkeit zur Trockne eingedampft, und um im Rückstand das salpetersaure Kali in Chlorkalium zu verwandeln, dieser mit reinem Salmiak geglüht; das Gewicht des erhaltenen Rückstandes betrug 1,664 Grm. Die ausgelaugte Kohle wurde jetzt mit Platinschwamm verbrannt, und um hierbei jeden Verlust von Chlor zu vermeiden, wurde sie mit einer Lösung von kohlensaurem Natron befeuchtet, die 1,732 Grm. trocknes Salz enthielt und damit zur Trockne eingedampft. Nach der Verbrennung der Kohle wurde das Platin mit Wasser ausgelaugt, die Lösung mit Salpetersäure sauer gemacht und das Chlor vermittelst salpetersauren Silberoxyds gefällt. Die aus dem erhaltenen Chlorsilber berechnete Menge des Chlors betrug 0,161 Grm. Rechnet man hierzu die aus dem wäfsrigen Auszug der Kohle erhaltene Menge, so beträgt die Summe des erhalteuen Chlors 0,627 Grm. d. i. 28,86 Proc. vom angewandten Chlorkalium, das 47,55 Proc. Chlor enthielt, der Verlust beträgt also 18,69 Proc. Aus der vom Chlorsilber abfiltrirten Flüssigkeit wurde das überschüssige Silber durch Salzsäure gefällt, die vom Niederschlag getrennte Flüssigkeit zur Trockne eingedampft, mit Salmiak geglüht und das im Rückstande enthaltene Kali in Kalium-Platinchlorid verwandelt. Die aus demselben berechnete Menge des Chlorkaliums betrug 0,493 Grm. Wird

hierzu die aus dem wässerigen Auszuge erhaltene Menge gerechnet, so beträgt das Gewicht des ganzen wieder erhaltenen Chlorkaliums 2,157 Grm., diese entsprechen 1,131 Grm. Kalium oder 52,07 Proc. des angewandten Salzes, welches 52,45 Proc. Kalium enthält. Während also bei diesem Versuche die Base des angewandten Salzes, so viel als es der Versuch zuläfst, genau wieder erhalten wurde, so hat bei der Bestimmung des Chlors ein sehr bedeutender Verlust stattgefunden, der nur dadurch entstanden seyn kann, dafs bei der Verkohlung, obgleich diese bei der möglichst niedrigen Temperatur bewirkt wurde, Chlor ausgetrieben wurde, wofür eine entsprechende Menge kohlensaures Kali entstanden seyn mufs. Aber auch dieses Salz hat zum Theil seine Kohlensäure wieder verloren, da dieselbe im wässerigen Auszuge der Kohle nicht zu entdecken war, und da bei anderen Versuchen [1]) die Wahrnehmung gemacht worden ist, dafs beim Glühen von kohlensaurem Kali mit Kohle Kohlensäure ausgetrieben wird. In welchem Zustande hierbei das Alkali in der Kohle enthalten ist, bleibt noch zu erörtern übrig.

Diese beim Chlorkalium erhaltenen Resultate stehen im Widerspruch mit denen, welche Strecker bei seinen Versuchen erhalten hat [2]) der bei der Verkohlung von alkalischen Chlormetallen mit Zucker nach der Einäscherung der Kohle in der Muffel nicht allein die ganze Menge des Salzes seinem Gewichte nach, sondern auch genau die in dem angewandten Chlormetall enthaltene Menge von Chlor wieder erhalten hat. Es ist ist jedoch bei einer andern Gelegenheit bemerkt worden [3]), dafs bei diesen Versuchen eine so geringe Menge von Zucker angewandt worden ist, dafs die daraus entstandene Kohle durchaus keine Wirkung auf das in ihr enthaltene Salz hat ausüben können.

Ich führte ferner noch an, dafs bei den Aschenanalysen, die nach der früheren Verkohlungsmethode ausgeführt wur-

1) Pogg. Ann. Bd 76, S. 326.
2) Annalen der Chem. u. Pharm. Bd. 73, S. 339.
3) Pogg. Ann. Bd. 80, S. 113.

den, in einigen Fällen die Bestimmung der Phosphorsäure ungenau sey. Auch die phosphorsauren Salze, besonders die neutralen (pyrophosphorsauren) Alkalien erleiden bei ihrer Verkohlung mit organischen Substanzen eine Zersetzung, wie dieſs der Versuch bewiesen hat, bei welchem *pyrophosphorsaures Natron* mit Zucker verkohlt wurde [1]). In dem wäſsrigen Auszuge der Kohle war dreibasisch phosphorsaures Natron ($\dot{N}a^3\dddot{P}$), im chlorwasserstoffsauren Auszuge nur sehr wenig phosphorsaures Natron und eine weit gröſsere Menge von Chlornatrium enthalten. Die rückständige Kohle muſste die übrige Menge der Phosphorsäure enthalten und zwar einen Theil derselben als freie Phosphorsäure, denn die darin enthaltene Menge des Natrons war weit geringer als dem metaphosphorsauren Salze entspricht. Nach der Einäscherung der Kohle und Bestimmung der Phosphorsäure zeigte sich aber ein bedeutender Verlust derselben. Dieser konnte nur dadurch entstanden seyn, daſs die in der ausgelaugten Kohle enthaltene freie Phosphorsäure zum Theil als solche, zum Theil durch die Wirkung der Kohle reducirt, beim Einäschern derselben verflüchtigt worden war. Dieser Verlust der Phosphorsäure würde beseitigt worden seyn, wenn die ausgelaugte Kohle mit einer Lösung von einer gewogenen Menge kohlensauren Alkalis befeuchtet, eingetrocknet und dann verbrannt worden wäre.

Wird eine verkohlte organische Substanz, deren Asche untersucht werden soll nicht mit Lösungsmitteln behandelt, sondern zur Gewinnung derAsche unmittelbar verbrannt, sey es nun vermittelst Platinschwamm oder in der Muffel oder auf irgend eine andere Weise, so findet eine Zersetzung der phosphorsauren Salze in der angegebenen Weise nicht statt und dann ebenso wenig ein Verlust der Phosphorsäure. Was aber die Bestimmung des Chlors einer Asche anbelangt, so hängt die Genauigkeit derselben von den in der Asche enthaltenen Salzen ab. Der vorher beschriebene Versuch mit dem Chlorkalium und ebenso auch der in die-

1) Pogg. Ann. Bd. 79, S. 421.

sen Annalen Bd. 80, S. 109 mitgetheilte, bei welchem pyrophosphorsaures Natron und Chlornatrium mit Zucker verkohlt und die Kohle vermittelst Platinschwamm verbrannt wurde, haben gezeigt, dafs trotz einer möglichst niedrigen Temperatur doch ein bedeutender Verlust von Chlor stattfinden kann. Dieser Verlust wird um so gröfser, oder das Chlor verschwindet aus einer Asche gänzlich, wenn diese vorzüglich aus metaphosphorsauren Salzen besteht, wie diefs die Untersuchungen des nicht verkohlten und des verkohlten Eigelbs der Hühnereier [1]) gezeigt haben. Dieser Verlust des Chlors beim Einäschern einer organischen Substanz findet aber nicht statt, sobald die Asche reich an kohlensauren Alkalien ist, wie diefs durch Versuche auch bestätigt worden ist [2]). Handelt es sich daher darum in der Asche einer organischen Substanz besonders genau den Chlorgehalt zu ermitteln, so ist hierzu nothwendig die organische Substanz vor ihrer Verkohlung in einer Platinschale mit einer Lösung von kohlensaurem Alkali einzutrocknen, da, wenn in der Asche kein kohlensaures Alkali enthalten ist, schon durch die Verkohlung bei der gelindesten Temperatur Chlor ausgetrieben werden kann. Es ist hierbei aber nothwendig, dafs man die ganze Menge der erhaltenen Asche zur Untersuchung verwendet, und sollen die übrigen Bestandtheile in ihr noch bestimmt werden, dafs man das Gewicht des angewandten kohlensauren Alkalis genau kennt.

Bei den in diesen Annalen Bd. 76, S. 367 und S. 390 beschriebenen Analysen des Ochsenbluts und der Kuhmilch hatte ich von der erhaltenen Kohle beider Substanzen eine bedeutende Menge übrig behalten und aufbewahrt. Die Erfahrungen, welche seit dieser Zeit im Betreff der Aschenanalysen gemacht worden sind, liefsen es mir der Mühe werth erscheinen die Untersuchungen beider Substanzen zu wiederholen, da hierdurch die bei jener Untersuchungsme-

1) Pogg. Ann. Bd. 79, S. 416.
2) Pogg. Ann. Bd. 80, S. 108.

thode entstandenen Fehler berichtigt werden können, und da die Verschiedenheit in den erhaltenen Resultaten nicht in der Verschiedenheit der Individuen, von denen die Substanzen genommen sind, zu suchen ist.

Die Kohle wurde nach der bekannten in diesen Annalen Bd. 80, S. 101 beschriebenen Methode vermittelst Platinschwamm verbrannt. Ich mufs hierbei bemerken, dafs die Darstellung der Kohle beider Substanzen zu jener Zeit im hessischen Tiegel geschah, und dafs aus diesem Grunde der Kieselsäuregehalt der Asche möglicher Weise nicht ganz genau ist.

Die Asche des Ochsenbluts.

Der wäfsrige Auszug der Asche reagirte zwar sehr stark alkalisch, gab aber, mit Salpetersäure sauer gemacht, keine Spur Kohlensäure

Das Gewicht der erhaltenen Asche betrug 3,429 Grm. Der Aschengehalt konnte nicht auf das Blut berechnet werden, da die der Kohle entsprechende Menge des Bluts unbekannt war.

Die Analyse gab folgende Zusammensetzung der Asche:

Chlornatrium	46,66	Proc.
Natron	31,90	-
Kali	7,00	-
Kalkerde	0,73	-
Magnesia	0,24	-
Eisenoxyd	7,03	-
Phosphorsäure	4,17	-
Schwefelsäure	1,16	-
Kieselsäure	1,11	-
	100,00.	

Bei der früheren Analyse [1]) wurde im wäfsrigen Auszuge der Kohle Kohlensäure gefunden, die bei der letztern ganz fehlte, sie mufste also bei der Einäscherung vollständig ausgetrieben worden seyn.

1) Pogg. Ann. Bd. 76, S. 370.

Die aus den gefundenen Bestandtheilen berechneten Salze einer Asche haben keinen grofsen Werth, indem hierbei der Willkühr zu viel Spielraum gelassen ist, es kann daher die Menge der Kohlensäure kaum annähernd hierdurch berechnet werden, wenn man auch annimmt, dafs die Phosphorsäure mit den Alkalien und Erden in der Asche zu zweibasischen Salzen verbunden ist, denn es ist nicht wahrscheinlich, dafs sie in animalischen Flüssigkeiten und überhaupt in organischen Substanzen mit den Alkakalien Salze bilde, die drei Atome fixer Base enthalten, da diese in ihren Lösungen eine zu geringe Beständigkeit besitzen. Es ist bekannt, dafs pyrophosphorsaures Natron und kohlensaures Natron in Lösung neben einander bestehen können, ohne dafs das pyrophosphorsaure Natron in das dreibasische Salz übergeht. Versuche haben sogar gezeigt, dafs, wenn man die Lösung beider Salze zur Trockne eindampft, aber nicht glüht, diese Veränderung selbst dann auch noch nicht stattgefunden hat [1]).

Was die Verbindung der Phosphorsäure mit der Kalkerde anbelangt, so läfst sich schwer entscheiden, von welcher Zusammensetzung diese in einer organischen Substanz enthalten ist. In einigen Fällen besteht der Niederschlag, den Ammoniak in der sauren Auflösung einer Asche erzeugt, nachdem aus derselben die alkalischen Salze durch Wasser entfernt worden sind, aus dreibasisch phosphorsaurer Kalkerde, bisweilen auch aus $\dot{Ca}^3\ddot{P}^2$, in anderen Fällen besteht er aus zweibasisch phosphorsaurer Kalkerde ($\dot{Ca}^2\ddot{P}$). Die phosphorsaure Magnesia ist in dem durch Ammoniak erzeugten und geglühten Niederschlage stets in der Form von $\dot{Mg}^2\ddot{P}$ enthalten gewesen. Ebenso wenig läfst sich mit Sicherheit entscheiden ob im Blute ein Theil des Eisenoxyds mit Phosphorsäure verbunden ist. Auch die Kieselsäure läfst keine Schlüsse zu, mit welcher Base verbunden, sie in einer Asche zu betrachten ist.

Alle diese Ursachen machen die Berechnung der Koh-

2) Pogg. Ann. Bd. 73, S. 149.

lensäure einer Asche höchst unzuverläfsig, und ebenso wenig kann ihre Menge durch directe Bestimmung genau gefunden werden, da sowohl bei der Verkohlung einer organischen Substanz schon Kohlensäure ausgetrieben werden kann und bei weitem mehr noch bei der Einäscherung, bei welcher besonders metaphosphorsaure und pyrophosphorsaure Salze und auch Kieselsäure zersetzend auf kohlensaure Salze wirken.

Die bedeutende Menge von Alkali, die in der Asche des Blutes bei Gegenwart von geringen Mengen von Phosphorsäure und Schwefelsäure enthalten ist, läfst vermuthen, dafs der Gehalt der Kohlensäure ziemlich bedeutend seyn mufs. Berechnet man die gefundene Phosphorsäure auf pyrophosphorsaure Salze, so bleibt soviel freies Alkali übrig, dafs die demselben entsprechende Menge Kohlensäure 18,72 Proc. der Asche beträgt.

Die Kuhmilch.

Die Kohle wurde mit Platinschwamm verbrannt. Das Gewicht der erhaltenen Asche betrug 10,744 Grm. Der wäfsrige Auszug der Asche reagirte alkalisch, gab aber keine Kohlensäure-Entwickelung. Die Untersuchung der Asche gab folgendes Resultat:

Chlorkalium	9,49	Proc.
Chlornatrium	16,23	-
Kali	23,77	-
Kalkerde	17,31	-
Magnesia	1,90	-
Eisenoxyd	0,33	-
Phosphorsäure	29,13	-
Schwefelsäure	1,15	-
Kieselsäure	0,09	-
	99,40.	

Die hierbei erhaltenen Resultate stimmen bis auf den Chlorgehalt mit denen der früheren Analyse [1]) sehr gut

1) Pogg. Ann. Bd. 76., S. 392.

überein, bei welcher aus bekannten Ursachen die Menge desselben viel zu gering gefunden worden ist. Auch diese Asche enthält Kohlensäure, doch ist die Menge derselben nicht sehr bedeutend, da die Phosphorsäure die Basen zum gröfsten Theile sättigt.

V. *Ueber das Gesetz, nach welchem die Einwirkung der Säuren auf den Rohrzucker stattfindet; von Ludwig Wilhelmy in Heidelberg.*

Der die Polarisationsebene des durch seine Auflösung gehenden Lichts nach rechtsdrehende Rohrzucker wird bekanntlich durch Einwirkung von Säuren in linksdrehenden Schleimzucker verwandelt. Da man nun mit Hülfe eines Polarisationsapparats, namentlich unter Anwendung der Soleil'schen Doppelplatte, mit grofser Leichtigkeit und Sicherheit der Ablesung in jedem Augenblicke bestimmen kann, wie weit diese Umwandlung vorgeschritten ist, so schien mir hierdurch die Möglichkeit gegeben, die Gesetze des in Rede stehenden Vorgangs zu ermitteln, andererseits aber die Aufgabe von Interesse, festzustellen, in welcher Weise die chemische Action, wenigstens in diesem speciellen Falle, der aber gewifs nur ein einzelner Repräsentant einer gröfseren Reihe von Erscheinungen seyn wird, — denn in der Natur folgt Alles allgemeinen Gesetzen — abhängig sey von sämmtlichen ihr Eintreten bedingenden Umständen.

Ich glaubte, dafs man auf diesem Wege werde feststellen können, in welcher Weise diese Action — ähnlich wie der Dampfdruck und die Ausdehnung der Körper — eine Function der Temperatur sey, in wiefern sie — analog der elektrischen und magnetischen Anziehung und Abstofsung — ihrem Werth nach abhängig sey von dem Ab-

stande der Theile, wie sie etwa modificirt werden mögen vom Luftdruck und von der Anzahl der sich in wechselseitiger Einwirkung gegenüberstehenden Molecüle.

Ich gestehe gern ein, dafs die Natur dieser Versuche, bei denen es auf ein Urtheil des Auges in Vergleichen zweier Farbentöne ankommt, eine unbedingte Genauigkeit der Resulte nicht gestattet, überdiefs weifs jeder, der sich mit derartigen Arbeiten beschäftigt hat, wie sehr man abhängig ist von der Beschaffenheit des Lichts und der Atmosphäre; dennoch glaube ich, dafs meine Beobachtungen durch die auffallende Uebereinstimmung, die sie im Allgemeinen zeigen, genügendes Vertrauen in die Richtigkeit der ermittelten Gesetze gewähren können, wenigstens habe ich, was den einzelnen Beobachtungsresultaten an Zuverlässigkeit abgeht, durch die grofse Zahl der angestellten Versuche zu ersetzen gesucht. Die in den betreffenden Formeln vorkommenden Constanten werden freilich noch einer Berichtigung bedürfen.

Der Apparat, dessen ich mich bediente, ist von Soleil nach den Angaben von Amici construirt und findet sich in Poggendorff's Annalen Bd. 64, S. 472. Leider befindet sich kein Nonius an der Kreistheilung, so dafs die Ablesung, welche oft gröfsere Genauigkeit zugelassen hätte, in den Bruchtheilen eines Grades nur nach ungefährer Schätzung stattfinden konnte. In Fällen, wo es nicht leicht war die genaue Farbenübereinstimmung aufzufinden, oder wo diese überhaupt nicht mehr absolut war, wurde um wenigstens die relativ gröfste zu erzielen eine doppelte Ablesung an den Punkten gleicher Farbendifferenz zu beiden Seiten vorgenommen, und dann das Mittel genommen. Da die Uebereinstimmung am vollkommensten und die Farbennuance am empfindlichsten wird in der Nähe des Nullpunktes, so wurde, so weit es sich thun liefs, die Zersetzung immer so lange fortgesetzt bis die Flüssigkeit nur noch eine geringe Drehung in dem einen oder andern Sinne hervorbrachte. Grofse Drehungen, bei denen, wie Hr. Biot gezeigt hat, die Färbung beider Plattenhälften nicht

wieder zur Gleichheit, auch nicht zur annähernden, zurückgeführt werden kann, wurden ohne Anwendung der Platten auf die gewöhnliche Weise bestimmt [1]).

Die Temperaturen wurden constant gehalten mittelst eines kleinen Apparats aus verzinntem Eisenblech, welcher mit einem Umrührer so wie mit einem Thermometer von willkührlicher Theilung (3,039 Div: = 1° C.) versehen war.

Die Glasröhren, welche die Mischungen enthielten, standen in Oeffnungen des Deckels. Das Ganze wurde entweder über eine genau regulirte Spirituslampe gestellt, die ebenso viel Wärme zuführte als die Wandungen des Gefäfses abgaben, oder in ein gröfseres hölzernes Geräth versenkt, das mit Wasser von gleicher Temperatur gefüllt war. Uebrigens wurde auf die Constanz der Temperatur, deren grofse Wichtigkeit bald zu erkennen war, die möglichste Sorgfalt verwendet. Die Zahl der Säuren, deren Einwirkung studirt wurde, beschränkte sich vorläufig auf vier, nämlich: Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure und Phosphorsäure. Beiläufige Versuche zeigten, dafs Oxalsäure ebenfalls den rechtsdrehenden Zucker in linksdrehenden verwandelt, Essigsäure aber, selbst wenn die Mischung in Wasser von 100° versenkt wurde, eine derartige Umkehrung nicht hervorbrachte; beides ist auch schon durch die Versuche Anderer bekannt.

Die erste Frage, welche sich in Bezug auf diesen Vorgang darbot war: ob die Säure selber eine Modification erleide und dadurch theilweis unwirksam werde, oder ob sie, selbst unverändert bleibend, nur den vorhandenen Zucker durch ihre Gegenwart zu einer anderen Anordnung seiner Bestandtheile disponire. Dafs der linksdrehende Zucker nicht etwa die Säure in Verbindung enthalte und

1) Uebrigens bemerkt auch Hr. Biot, dafs bei Drehungen unter 48° die Identität der Bilder noch zu erreichen sey und mit dem Eintreten der *Teinte de passage* zusammenfalle. Bei seinen betreffenden Beobachtungen habe er keine Differenzen zwischen den nach der einen oder anderen Methode gemachten Bestimmungen wahrgenommen. (*Comptes rend. T.* 20, *p.* 1757).

dass diese Veränderung im Sinne der Drehung, wenn einmal die entsprechende Modification eingetreten war, nicht mehr abhängig war von der Gegenwart der Säure in der Flüssigkeit, ergab sich aus einem Versuch, durch welchen dargethan wurde, dass eine durch Schwefelsäure modificirte Zuckerauflösung ihr Drehungsvermögen nach links, seinem Werthe nach abhängig von der Temperatur, unverändert beibehielt, nachdem die Schwefelsäure mit kohlensurem Baryt entfernt war.

Kehren wir zu der erwähnten Frage zurück, so wird es zunächst erforderlich seyn, den Vorgang unter der einen oder anderen Annahme durch eine mathematische Formel auszudrücken und dann zu sehen, ob dieselbe mit den Versuchsresultaten in Uebereinstimmung sey.

Die beim Beginn noch vorhandene Menge rechtsdrehenden Zuckers sey Z_0, die Säuremenge S_0, der Umwandlungscoëfficient des Zuckers für die Zeiteinheit sey M; setzt man nun voraus: 1) dafs die Säure ebenfalls modificirt, d. h. theilweis unwirksam werde, und nennt man ihren Veränderungscoëfficient N, so findet man die Zuckerverluste in den auf einander folgenden Zeiteinheiten:

$$V_1 = MZ_0S_0,\ V_2 = MZ_1S_1,\ V_3 = MZ_2S_2 \text{ etc.}$$

ebenso die Säureverluste:

$$v_1 = NZ_0S_0,\ v_2 = NZ_1S_1,\ v_3 = NZ_2S_2 \text{ etc.}$$

Es ist aber:

$$Z_1 = Z_0 - V_1,\ Z_2 = Z_1 - V_2 \text{ etc.}$$
$$S_1 = S_0 - v_1,\ S_2 = S_1 - v_2 \text{ etc.}$$

oder

$$Z_1 = Z_0(1 - MS_0) = Z_0 - \Delta Z$$
$$S_1 = S_0(1 - NZ_0) = S_0 - \Delta S$$

mithin

$$Z_2 = Z_1(1 - MS_1) = (Z - \Delta Z)[1 - M(S_0 - \Delta S)]$$

oder, wenn man das Product der beiden sehr kleinen Gröfsen M und ΔS vernachlässigt:

$$Z_2 = Z_0(1 - MS_0)^2.$$

Eben-

Ebenso:

$$S_2 = S_1(1-NZ_1) = S_0(1-NZ_0)[1-N(Z_0-\Delta Z)]$$
$$= S_0(1-NZ_0)^2$$

daher:

$$V_1 = MZ_0S_0,\quad V_2 = MZ_0S_0(1-MS_0)(1-NZ_0)$$
$$V_3 = MZ_0S_0(1-MS_0)^2(1-NZ_0)^2 \text{ etc. etc.}$$

und die Summe aller Verluste in der Zeit T:

$$V = \int_0^T MZS(1-MS)^x(1-NZ)^x dT.$$

$$V = \frac{MZS[(1-MS)^x(1-NZ)^x + C]}{l:(1-MS)+l:(1-NZ)}.$$

Da für $T=0$ $V=0$, so ergiebt sich $C=-1$ und

$$V = \frac{MZS[1-(1-MS)^x(1-NZ)^x]}{NZ+MS},$$

wenn man unter Berücksichtigung des unendlich kleinen Werthes von M und N die Logarithmen durch das erste Glied der entsprechenden Reihen ausdrückt. Nach langen Zeiträumen wird dann:

$$V = \frac{MZS}{NZ+MS}$$

und wenn man den unverändert gebliebenen Zucker mit R bezeichnet:

$$R = Z - V = \frac{NZ^2}{NZ+MS} = \frac{Z}{1+\frac{MS}{NZ}}$$

Unter der gemachten Voraussetzung würde R niemals $=0$ werden können, auch würde sein Werth abhängig seyn von dem Bruch $\frac{MS}{NZ}$, mithin von der angewendeten Säuremenge S. Die in Tabelle I zusammengestellten Versuche beweisen, dafs letzteres nicht der Fall, mithin die gemachte Annahme unzulässig ist, die Säure daher unverändert bleibt und nur der Zucker modificirt wird.

Tabelle I.

Z	S.	T.	D.
+ 25°,25	3 Grm. Salzsäure	168h	— 7°,5
»	2 Grm. »	»	— 7°,5
»	1 Grm. »	»	— 7°,5
+ 15°	2 Grm. »	144h	— 15°,25
»	1 Grm. »	192h	— 14°,75
»	0,5 Grm. »	»	— 15°

(Darin bedeutet D die Ablesung nach der Zeit T.)

Unter dieser letzteren Voraussetzung kann man aber die Formel, welche den chemischen Vorgang darstellt, in folgender Weise entwickeln:

Es seyen die oben eingeführten Bezeichnungen beibehalten, dann ist dZ der Zuckerverlust in dem Zeit-Element dT und zwar nehme man an, derselbe sey bestimmt durch die Formel:

$$-\frac{dZ}{dT} = MZS,$$

worin M, wie vorher, den mittleren Werth der unendlich kleinen Quantität der Zuckereinheit bedeutet, welche in Zeitelement durch die Einwirkung jeder vorhandenen Säureeinheit umgewandelt wird.

Obige Gleichung giebt durch Integration:

$$\log Z = -\int_0^T MS\,dT,$$

oder da, wie bereits gezeigt, S constant, andrerseits auch M unabhängig ist von Z und daher zugleich von T, welches später noch durch Versuche nachgewiesen werden soll:

$$\log Z = -MST + C.$$

Für $T = 0$ ist $Z = Z_0$, mithin:

$$lZ_0 - lZ = MST \text{ oder } Z = Z_0 e^{-MST}$$

Dieser letzteren Formel wird man sich, da darin Z_0, S und T gegeben, Z durch den Versuch bekannt ist, zur Bestimmung von M bedienen können, wobei indefs zu be-

merken ist, dafs die erhaltenen endlichen Werthe zugleich noch einen unendlich grofsen Factor, nämlich die Anzahl der in der Zeiteinheit enthaltenen Zeitelemente, einschliefsen.

Die hier gestellte Aufgabe wird nun darin bestehen, zu ermitteln, ob und in welcher Weise M abhängig sey von den verschiedenen physikalischen Bedingungen des Vorganges, also ob und in welcher Art M eine Function sey der Zeit, der Zuckermenge, der Säuremenge, der Menge des Auflösungsmittels, der Qualität der Säure, der Temperatur und des Luftdrucks. Diese Fragen zu beantworten, soll in dem Folgenden der Reihe nach versucht werden.

Zuvor ist aber noch ein für die Berechnung der Versuche wichtiger Punkt zu erörtern. Durch die Einwirkung der Säure auf den Zucker wird bekanntlich nicht nur ein Antheil des rechtsdrehenden Zuckers fortgenommen, sondern auch in entgegengesetzt drehenden verwandelt. War mithin die Drehung ursprünglich $= Z^0$, so wird sie, nachdem ein um X^0 drehendes Zuckerquantum umgewandelt worden, nur noch $= (Z - X - \mu X)^0$ seyn. Um aus dieser durch Beobachtung gegebenen Gröfse X selbst zu finden, wird man μ kennen müssen. Hr. **Biot** hat für μ d. h. für die Gröfse, welche angiebt, um wie viel eine Zuckermenge, die um 1^0 rechtsdrehend wirkte, nach der Umkehrung links dreht, den Namen des Inversions-Coëfficienten eingeführt. Mit X ergiebt sich dann auch $Z = Z_0 - X$. Die Bestimmung des Inversions-Coëfficienten hat mir Anfangs Schwierigkeiten gemacht, auch Hr. **Biot** ist in seinen Angaben über denselben schwankend gewesen. In seiner Arbeit über den Zuckergehalt des Mais [1]) giebt er für μ

für Salzsäure $= 0{,}38$

für Schwefelsäure $= 0{,}3867$,

bemerkt aber selbst, dafs er sehr abweichende Resultate erhalten habe, die er indefs auf verschiedene Reinheit des Zuckers schieben zu können meint. In einem späteren Aufsatz [2]) giebt er sodann:

1) *Comptes rend.* 15, 529.

2) *Comptes rend.* 17, 757.

für Schwefelsäure $\mu = 0{,}417$
für Salpetersäure $\mu = 0{,}394$
für Salzsäure $\mu = 0{,}38$.

Hierbei ist zunächst zu bemerken, dafs Hr. Biot, so viel mir bekannt ist, sich nicht darüber ausspricht, für welche Temperatur diese Coëfficienten gelten sollen; da aber das Drehungsvermögen des Schleimzuckers abhängig ist von der Temperatur, so mufs auch der Werth von μ nach der Temperatur der Ablesung verschieden ausfallen. Will man daher den Werth von μ für jede Temperatur kennen, so mufs man zunächst das Gesetz ermitteln, nach welchem das Drehungsvermögen des Schleimzuckers von der Temperatur abhängig ist.

So viel mir bekannt, existiren über diese Abhängigkeit keine genauen Versuche. Hr. Clerget berücksichtigt zwar dieselben beim Aufstellen seiner Tabellen [1]) theilt aber keine Versuchsreihe mit, worauf er seine Annahmen über das in Rede stehende Gesetz begründet hätte. Unter diesen Umständen schien es mir nothwendig mir über diesen Gegenstand durch einige Versuche Auskunft zu verschaffen.

Somit ergaben sich mir als unerläfsliche Ergebnisse für die Hauptfrage:

1) die Ermittlung des Gesetzes, nach welchem das Drehungsgesetz des Schleimzuckers von der Temperatur abhängt.

2) die Bestimmung des Umkehrungscoëfficienten.

Ich lasse die Resultate, zu denen ich über diese beiden Punkte gelangt bin, nachstehend folgen.

1. Gesetz, nach welchem das Drehungsvermögen des Schleimzuckers von der Temperatur abhängt.

Ich liefs mir zu den hierauf bezüglichen Versuchen einen kleinen Apparat construiren, welcher mir gestattete die Temperatur der Zuckerlösung auf dem Polarisationsapparat genau zu bestimmen und möglichst constant zu erhalten. Ein dünnes Silberrohr, von 250^{mm} Länge und 10^{mm}

1) *Ann. de chim. et de phys. Sér. III. T. 26, p. 201.*

innerer Oeffnung, stand in der Axe einer 57^{mm} weiten Holzbüchse, welche oben und unten mit aufzuschraubenden Messingkappen versehen war. Letztere waren passend durchbohrt, so dafs ein Thermometer (das oben erwähnte mit willkührlicher Skale) und eine Umrührvorrichtung angebracht werden konnte. Die Zuckerlösung war mit Salzsäure umgekehrt worden, da ich mir aber leider kein chemisch reines Silberrohr verschaffen konnte, so wurde die Säure nach beendigter Einwirkung mit Natron gesättigt, nachdem ich mich überzeugt hatte, dafs dadurch das Drehungsvermögen der Flüssigkeit und der Einflufs der Temperatur auf dasselbe nicht beeinträchtigt wurde. Diefs hatte überdiefs noch den Vortheil, mich gegen eine ferne Wirkung der Säure auf den Zucker sicher zu stellen, welche jedenfalls die Versuche unzuverlässig gemacht haben würde. Das Silberrohr war oben und unten mit aufgekitteten Glasplatten verschlossen. Die Büchse wurde mit Wasser gefüllt und auf den Träger des Polarisationsapparats gestellt, dann konnte mit Leichtigkeit und fast gleichzeitig, nach erfolgtem Umrühren des erwärmten Wassers, die Temperatur und die Drehung abgelesen werden. Man gab dem Wasser im Anfange des Versuchs die höchste Temperatur, welche der Kitt ertrug und liefs es dann allmälig erkalten, indem man von Zeit zu Zeit einen Theil des Wassers mit einer Pipette entfernte, Eiswasser und Eis hinzusetzte, anhaltend umrührte und dann die Beobachtung anstellte. Die Mittheilung der Temperatur von der äufsern Flüssigkeit an die Zuckerauflösung im Innern des dünnen und engen Silberrohrs ging sehr schnell von Statten, wenigstens habe ich immer wahrgenommen, dafs jede Temperatur-Erniedrigung sofort auch eine Drehungszunahme zur Folge hatte. In der nachstehenden Tafel gebe ich die Resultate der Versuchsreihen, der beiden letzten, welche ich angestellt habe.

Tabelle II.

Scalen-Thermometer.	Drehung beobachtet.	Drehung berechnet.	Differenz	Scalen-Thermometer.	Drehung beobachtet.	Drehung berechnet.	Differenz.
+ 250 [1])	19°	19°,11	+0,11	+ 171,5	28°,75	28°,88	+0,13
+ 248	19 ,5	19 ,36	— 0,14	169,75	29 ,5	29 ,11	— 0,39
+ 241,5	20 ,25	20 ,17	— 0,08	160,5	30 ,5	30 ,25	— 0,25
241	20 ,5	20 ,23	— 0,27	+ 156,5	30 ,5	30 ,75	+0,25
+ 237	21	20 ,73	— 0,27	152,5	31 ,5	31 ,25	— 0,25
234	21	21 ,10	+0,10	150	31 ,56	31 ,56	— 0,00
+ 232	21 ,5	21 ,25	— 0,25	+ 148,5	31 ,75	31 ,75	+0,00
229	22	21 ,72	— 0,28	148	32 ,5	31 ,81	— 0,69
224	22 ,5	22 ,35	— 0,15	+ 142,5	32 ,25	32 ,49	+0,24
+ 222	22 ,5	22 ,60	+0,1	141,5	33	32 ,62	— 0,38
+ 218	23 ,49	23 ,09	— 0,4	+ 134	33	33 ,55	+0,55
213,5	24	23 ,65	— 0,35	132,5	34 ,25	33 ,74	— 0,51
+ 206	24 ,5	24 ,59	+0,09	+ 129	34	34 ,18	+0,18
198	26	25 ,58	— 0,42	127,5	35	34 ,36	— 0,64
+ 194	26	26 ,08	+0,08	+ 121	35	35 ,17	+0,17
188	27	26 ,83	— 0,17	+ 115,5	35 ,5	35 ,85	+0,35
+ 184	28	27 ,33	— 0,67	+ 113,5 [2])	36	36 ,10	+0,10.
177	28 ,5	28 ,20	— 0,3				

Die mit einem + bezeichneten Beobachtungen gehören der zweiten Versuchsreihe an.

Zwei frühere Reihen gaben ähnliche, jedoch nicht ganz so übereinstimmende, Resultate, wovon aber der leicht ersichtliche Grund in Vernachlässigung kleiner Vorsichtsmafsregeln zu suchen war. Ich hätte die Versuchsreihen gern bis 0° und unterhalb ausgedehnt, doch hinderte mich daran, obwohl die Auflösung noch bei — 10° vollkommen flüssig blieb, das Bethauen der Glasplatten; bei niedriger äufserer Temperatur werde ich diesen Mangel zu ergänzen suchen.

Auf der Scale des angewandten Thermometers lag der Punkt des schmelzenden Eises bei 91,5 Div., 1° C. war = 3,039 Div. Aus einer gegebenen Drehung D bei x Div. kann man die Drehung Δ bei y Div. berechnen nach der Formel:

$$\Delta = D[1 - 0{,}003945\,(y - x)],$$

so sind die auf der Tabelle II. zusammengestellten Werthe

1) 250 Scalen-Theile = 52°,15.

2) 113,5 Scalen-Theile = 6°,91.

gefunden, welche mit dem durch Beobachtung ermittelten sehr gut übereinstimmen. Für die Berechnung wurde $\alpha = 150$ genommen. Führt man statt der Scalen-Abtheilungen Centesimalgrade ein, so verwandelt sich die Formel in:

$$\Delta = D[1 - 0{,}012(\tau - t)],$$

wonach man also die Drehung Δ des Zuckers bei τ^0, aus der bekannten Drehung D bei t^0 berechnen kann, was dem von Clerget angewandten Werth sehr nahe zu kommen scheint. Darnach kann man dann auch die Werthe des Umkehrungscoëfficienten für alle Temperaturen aus dem für eine Temperatur t gefundenen sehr leicht bestimmen. Sind nämlich μ und D, μ' und Δ Coëfficienten und Drehung für t^0 und τ^0 so ist: $\mu = \frac{D}{Z}$, worin Z die urprüngliche Drehung nach Rechts bedeutet; ferner:

$$\mu' = \frac{\Delta}{Z} = \frac{D[1 - 0{,}012(\tau - t)]}{Z}$$

$$\mu' = \mu[1 - 0{,}012(\tau - t)].$$

Dieser Formel habe ich mich bei Berechnung meiner Versuche bedient, um den Umkehrungscoëfficienten für die Temperatur der Beobachtung aus dem für 15° bekannten zu berechnen.

2. Bestimmung des Umkehrungscoëfficienten.

Bei der Bestimmung der Gröfse μ für die verschiedenen Säuren erhielt ich anfangs in zahlreichen Versuchen fortwährend schwankende Werthe und zwar stets kleinere als die von Biot angegebenen, offenbar, weil es mir nicht gelang den rechten Moment der beendigten Einwirkung zu erfassen, die Beobachtung vielmehr bald zu früh, bald zu spät angestellt war. Endlich kam ich auf den Gedanken sehr grofse Säuremengen zur Umwandlung des Zuckers anzuwenden; so mischte ich 10 Grm. der Zucker-Auflösung (Zuckergehalt: 4854 Mllgrm.) mit

5 Grm. Schwefelsäure (spec. Gew. = 1,8403)
oder 6 Grm. Salpetersäure (spec. Gew. = 1,2004)
oder 6 Grm. Salzsäure (spec. Gew. = 1,1201).

Die Umkehrung war dann sehr schnell beendigt, ich konnte den ganzen Vorgang im Polarisationsapparat selbst verfolgen und mit Leichtigkeit den Punkt des Maximums der Drehung nach Links bestimmen. Ich führe die mit Schwefelsäure angestellte Beobachtungsreihe nachstehend auf:

Drehung nach Rechts vor der Mischung: 36°,5
die Mischung erfolgte um 6^h 3'

Beobachtung, Drehung nach Links um			
	6^h 18'	12°	($T = 20°,5$)
	6^h 30'	13°,5	
	6^h 37'	14°	($T = 21°$)
	7^h 45'	14°	
	8^h 45'	14°,25	($T = 22°$)
	9^h 45'	14°	($T = 22°,5$)
	2^h 45'	13°	($T = 21°,5$)
	3^h 55'	13°,25	

Reducirte ich die bei der Temperatur der Ablesung gefundenen Werthe von μ' auf die Normaltemperatur 15°, so ergab sich mir:

für Schwefelsäure $\mu = 0,425$
für Salpetersäure $\mu = 0,399$
für Salzsäure $\mu = 0,386$.

Diese Zahlen weichen nur in der dritten Stelle von den Biot'schen ab; eine Temperatur-Veränderung von weniger als 1° entspricht schon dieser Differenz, ich begnügte mich daher mit dem gefundenen Werthe ohne eine Wiederholung der Versuchsreihen anzustellen, da es ohnehin zur Erzielung einer gröfsern Schärfe in der Bestimmung von μ nothwendig seyn würde mit längeren Flüssigkeitssäulen zu arbeiten (die von mir angewendete Röhre hatte eine Länge von 150^{mm}), überdiefs auch kleine Veränderungen von sehr geringem Einflufs auf die Berechnung sind. Für Phosphorsäure, mit welcher ich wegen der Langsamkeit ihrer Einwirkung nicht auf gleiche Weise verfahren konnte, nahm ich der Analogie nach und in Folge anderweitiger Beobachtungen: $\mu = 0,45$.

Nach diesen Vorarbeiten kann ich jetzt dazu übergehen die im Früheren entwickelte Formel:

$$lZ_0 - lZ = MST$$

auf die angestellten Versuche anzuwenden.

A. Einfluſs der Zeit.

Es wurden 10 Grm. Zuckerlösung (Drehung $46°{,}8\,r$) mit 2 Grm. Salpetersäure (spec. Gew. 1,2042) gemischt und in dem Apparat (Röhrenlänge 150^{mm}, Inhalt 13,850 Mgr. destill. Wasser bei 15°) der Verlauf der Einwirkung während eines Tages beobachtet. Die Ablesungen gaben folgende Reihen von Drehungswerthen, wobei zu bemerken ist, daſs die Temperatur des Raums und der Flüssigkeit beim Beginn der Beobachtung $= 15°{,}5$ war, sich allmälig ein wenig erhöhte, um $1^h\ 30'$ ihr Maximum bei 18° erreichte, und dann bis zum Schluſs des Versuchs langsam auf $14°5$ sank. Dem entsprechend wurden die Reste mit dem Umkehrungs-Coëfficienten $\mu = 0{,}3966$ abnehmend bis 0,3846 und wachsend bis 0,404 berechnet; so erhielt man die Werthe des Ausdrucks

$$\frac{\log Z - \log Z}{MS}.$$

Bei der Berechnung wurden der Bequemlichkeit halber brigg. Logarithmen angewendet, was ohne Nachtheil geschehen konnte, da es nur auf das Verhältniſs der Zahlen zu einander, nicht auf deren absolute Werthe ankommt. Die so gefundenen Zahlen sind in Tabelle III. zusammengestellt.

Tabelle III.

T.	Drehung.	$\frac{\log Z_0 - \log Z}{M.S}$ *)	t.
	+ 46°,75	vor der Mischung	
8h	Mischung der Säure mit der Zuckerlösung		
8h 15′	+ 43°,75		15°,5
» 30	+ 41		
» 45	+ 38 ,25		
9h	+ 35 ,75	0,0801671	
9h 15	+ 33 ,25		
» 30	+ 30 ,75		
» 45	+ 28 ,25		
10h	+ 26	0,1661271	
10h 30	+ 22		
11h	+ 18 ,25	0,2504869	
11h 30	+ 15		
12h	+ 11 ,5	0,3393678	
12h 30	+ 8 ,25		
1h 30	+ 2 ,75	0,4882238	18°
2h 30	− 1 ,75	0,5859208	16°
3h 30	− 4 ,5	0,6628879	
4h 30	− 7	0,7470561	15°
5h30	− 8 ,75	0,8173016	
6h 30′	− 10	0,8752936	14°,5

Wie man sieht, sind die gefundenen Zahlen den abgelaufenen Zeiten sehr nahe proportional, wodurch die Richtigkeit der Formel: $Z = Z_0 e^{-MST}$ in Beziehung auf T bestätigt wird. Die kleine Abweichung von der Proportionalität ist aus den Temperaturschwankungen zu erklären, worauf ich noch näher zurückkommen werde. Eine nothwendige Folge der Gleichung ist übrigens, dafs Z erst für $T = \infty$ Null werden kann, mithin die Umwandlung des Zuckers, strenge genommen, niemals beendigt ist, wenngleich sehr bald wegen der Gleichheit des Restes eine weitere Abnahme unmerklich ist.

B. Einfluſs der Zuckermenge.

Es ist schon früher bemerkt worden, dafs der Umwandlungscoëfficient M unabhängig ist von der Zuckermenge;

*) Z wird aus der beobachteten Drehung D gefunden nach der Formel:

$$Z = Z_0 - \frac{Z_0 - D}{1 + \mu}.$$

iefs ergiebt sich aus der bereits mitgetheilten Beobachungsreihe. Berechnet man nämlich für jeden Zeitabschnitt t mittelst der Formel:

$$M = \frac{\log Z_0 - \log Z}{T} \cdot \frac{1}{5}$$

o erhält man folgende Werthe:

$M = 0{,}0204467 \cdot \frac{1}{5}$ $(t = 15°{,}5)$
$M = 0{,}0197215$ »
$M = 0{,}0204460$ »
$M = 0{,}0195529$ »
$M = 0{,}0204748$ »
$M = 0{,}0214880$ »
$M = 0{,}0226069$ »
$M = 0{,}0213903$ »
$M = 0{,}0210030$ »
$M = 0{,}0202667$ »
$M = 0{,}0241737$ »
$M = 0{,}0240091$ »
$M = 0{,}0252094$ » $t = 18°$ (Maximum der Temperatur)
$M = 0{,}0244242$ »
$M = 0{,}0192418$ »
$M = 0{,}0210170$ »
$M = 0{,}0175614$ »
$M = 0{,}0142906$ » $t = 14°{,}5$.

Die geringen Schwankungen im Werthe von M entsprechen der Temperatur, deren Einfluſs in einem besondern Abschnitt nachgewiesen werden soll; somit bleibt also M constant, während die in der Flüssigkeit befindliche Zuckermenge von 46,75 bis 6,23 abgenommen hat.

Die Unabhängigkeit der Gröſse M von der Zuckermenge wurde noch durch besondere Versuche nachgewiesen. Man ermittelte aus jedem der gleichzeitig und bei gleicher Temperatur angestellten Versuche, wobei aufserdem die Säuremenge S und die Wassermenge W in den Mischungen constant war, M mittelst der Formel $\log Z_0 - \log Z = MST$. Die näheren Umstände und Resultate ergeben sich aus Tabelle IV.

Tabelle IV.

Z_0	Wasserfreie Salpeters. S.	W.	T.	D.	M_r
45°	0,2815r	7,5425r	13h	+4°,25	0,1240
36	»	»	»	+3	0,1267
27	»	»	»	+2	0,1290
18	»	»	»	+1,25	0,1301
9	»	»	»	+1	0,1201

Z ist, wie immer, mittelst D aus der vorerwähnten Formel

$$Z = Z_0 - \frac{Z_0 - D}{1+\mu},$$

berechnet.

(Schluſs im nächsten Heft.)

VI. *Ueber die Wirkung des einfachen Schlieſsungsdrahtes der Batterie auf sich selbst; von P. Rieſs.*

Daſs der Entladungsstrom der elektrischen Batterie auf die Masse des Schlieſsungsdrahtes selbst inducirend wirkt, ist bekannt; wenn man an zwei Punkten des Drahtes Ableitungen anbringt und mit einander verbindet, so läſst sich die Wirkung des inducirten Stromes theils direct nachweisen, theils ist sie, wie ich gezeigt habe (Annal. 63, 501), in den Störungen merklich, welche die Gesetze der Zweigströme erfahren. Daraus folgt aber nicht, daſs im einfachen Schlieſsungsdrahte der inducirte Strom eine merkliche Wirkung hervorbringen werde, da er hier nicht in sich zurücklaufen kann und daher stets sehr schwach im Verhältnisse zum Entladungsstrome bleibt. Es muſste experimentell ausgemacht werden, ob der Entladungsstrom eine Aenderung erfahre durch gegenseitige Annäherung zweier Theile des Schlieſsungsbogens. Ich habe vor langer Zeit (Annal. 50, 19) 26 Fuſs eines Schlieſsungsdrahtes zu zwei ebenen Spi-

ralen gewunden und die Erwärmung im übrigen Theile des Schliefsungsdrahtes untersucht, während die Spiralen von einander entfernt oder einander nahe gebracht, in gleichem oder entgegengesetztem Sinne mit einander verbunden waren. Es wurden keine Unterschiede der Erwärmung gefunden, denen eine Bedeutung zugeschrieben werden konnte. Später hat Hankel ähnliche Versuche mit 317 Fufs Draht angestellt, die zu zwei cylindrischen Spiralen gewunden waren (Annal. 69, 331), zur Prüfung des Entladungstromes aber nicht die Erwärmung eines Drahtes, sondern den Magnetismus von Stahlnadeln benutzt, die dem Schliefsungsdrahte nahe lagen und durch successiv gesteigerte Ladungen der Batterie magnetisirt wurden. Die Perioden der Magnetisirung wurden verschieden gefunden, je nach der Verbindung der Spiralen mit einander, und als Resultat der Untersuchung wird ausgesprochen, dafs „der Einfluſs des Schliefsungsdrahtes auf sich selbst darin besteht, die anomalen (Magnetisirungs-) Perioden zu verstärken und zu erweitern, so dafs sie den normalen mehr gleich werden". Hiermit ist ein interessantes ganz specielles Factum gewonnen, die allgemeine von mir angeregte Frage aber unerledigt gelassen. Wird in einem Schliefsungsbogen dadurch, dafs zwei Theile des Bogens in bestimmter Weise einander nahe gebracht werden, die Erwärmung verstärkt oder geschwächt oder bleibt sie unverändert? Die Magnetisirungsversuche entscheiden für keinen dieser Fälle. Selbst die Unveränderlichkeit der Erwärmung wäre möglich, da nach Savary's und Hankels Versuchen die Magnetisirungsperioden geändert werden durch Vertauschung eines Drahts im Schliefsungsbogen mit einem andern Drahte von gleichem Verzögerungswerthe. Es läfst sich also aus der Aenderung der Magnetisirung durch den Schliefsungsbogen nicht schliefsen, dafs die Erwärmung im Bogen geändert sey. Ich war daher zur Entscheidung der obigen Frage genöthigt, auf meine früheren Versuche, nur mit kräftigeren Apparaten, zurückzugehen. Zwei ebene Spiralen, von welchen jede aus $53\frac{1}{2}$ Fufs eines in 31 Win-

dungen gelegten Kupferdrahtes bestand, wurden hinter einander in den Schliefsungsbogen einer Batterie eingeschaltet, der ein empfindliches Luftthermometer enthielt. Die Verbindung der Spiralen mit dem Bogen und unter sich wurde entweder so gemacht, dafs der Entladungsstrom in den beiden Spiralen an gleicher Stelle (Centrum oder Rand), oder so, dafs er an ungleicher Stelle eintrat, der Strom also in den Spiralen gleiche oder entgegengesetzte Richtung besafs. Die Spiralen wurden zuerst bis etwa 9 Zoll von einander entfernt und schief gestellt (dafs die Verbindungslinie ihrer Centra mit ihren Ebenen schiefe Winkel bildete) und die folgenden Erwärmungen beobachtet. Die Kugeln der Maafsflasche waren $\frac{1}{7}$ Linie von einader entfernt. Die Erwärmung für die Einheit der Ladung ist der Mittelwerth der Constante a in der Formel $\theta = a\frac{q^2}{s}$.

		Entladungsstrom in den Spiralen:	
		gleichlaufend.	entgegenlaufend.
Flaschenzahl s.	Elektricitätsmenge q.	Erwärmung θ.	
3	6	13,5	13,2
	8	22,2	22,7
	10	34,9	34,0
4	6	10,5	10,4
	8	17,5	17,7
	10	27	27
5	6	8,5	8,8
	8	14,7	14,8
	10	21,8	21,5
Einheit der Ladung		(1,11)	(1,11).

Die Gleichheit der Erwärmung bei gleichlaufendem und entgegenlaufendem Strome läfst nach dem Folgenden schliefsen, dafs, wie es die Absicht war, die Spiralen in der gewählten Lage nicht auf einander wirkten. Die Spiralen wurden nun normal einander gegenübergestellt und bis auf 1 Linie genähert. Die folgenden, bei gleicher Verbindung der Spiralen angestellten, Beobachtungen sind nur darin verschieden, dafs in der ersten Verticalreihe das Thermo-

meter, in der zweiten die Spiralen der inneren Belegung der Batterie zunächst standen.

Flaschenzahl.	Elektricitätsmenge.	Erwärmung.	
	Entladungsstrom in den Spiralen gleichlaufend.		
3	6	11,9	11,8
	8	20	20,6
	10	31,5	30,8
4	6	9,2	9,3
	8	15,6	16,1
	10	24,0	24,8
5	6	7,8	7,8
	8	13	13,2
	10	19	19,2
Einheit der Ladung		(0,98)	(0,99).
	Entladungsstrom entgegenlaufend.		
3	6	14,1	14,7
	8	23,3	24,4
	10	36,5	37,0
4	6	11,2	10,6
	8	18,9	18,6
	10	28	27,7
5	6	9,2	9,4
	8	15,8	14,7
	10	23,7	23
Einheit der Ladung		(1,18)	(1,17).

Es findet also eine Aenderung des Entladungsstromes dadurch statt, dafs ein Theil des Schliefsungsdrahtes einem andern ihm parallelen Theile nahe gebracht worden ist, und zwar eine Verstärkung oder eine Schwächung je nach der relativen Richtung des Entladungsstromes in den naheliegenden Theilen. Um für die Anordnung des Versuches einen kurzen Ausdruck zu haben, denke man sich einen Schliefsungsbogen successiv in drei Formen gebracht: gerade ausgespannt, in *U*form, in *N*form (die parallelen Schenkel der letzten Formen einander sehr nahe gerückt); die Entladung einer Batterie durch das *N* giebt den schwäch-

sten, durch die gerade Linie den mittleren, durch das *U* den stärksten Strom. Im Allgemeinen ist die Aenderung des Stromes so gering, dafs bei den gewöhnlichen Batterieversuchen auf die Form des Schliefsungsbogens keine Rücksicht zu nehmen ist. Um die Erscheinung hier zweifellos herauszustellen, mufsten von einem Schliefsungsbogen, der nicht über 119 Fufs lang war, 107 Fufs in der Entfernung von 1 Linie und in der so günstigen Lage der ebenen Spirale auf einander wirken, wobei die entferntesten Punkte dieser Drahtlänge nicht über 1 Fufs von einander entfernt blieben. Bei den zur Ersparung des Raums im Schliefsungsbogen häufig benutzten Drahtschrauben ist die Höhe eines Ganges viel kleiner als der Durchmesser der Schraube; die Aufwindung eines Drahtes zu einer Schraube mufs daher, wie die *N*form, principiell den Strom schwächen.

In den angeführten Versuchsreihen war die Verbindung der Spiralen mit einander durch einen 29 Zoll langen, $\frac{1}{9}$ Linie dicken Kupferdraht bewirkt worden. Die gemessenen Ströme hatten nahe die folgenden Verhältnisse:

Ohne Einwirkung der Spiralen.	Gleichlaufender Strom. *N*verbindung d. Spiralen.	Entgegenlaufender Strom. *U*verbindung d. Spir.
100	89	106.

Der Verbindungsdraht wurde mit einem $39\frac{1}{2}$ Zoll langen, $\frac{1}{6}$ Linie dicken Neusilberdrahte vertauscht. Aus 27 Beobachtungen wurden für die Ströme die Zahlen gefunden:

100	91	106.

Als endlich ein Stahldraht von $34\frac{1}{3}$ Zoll Länge, $\frac{7}{24}$ Linie Dicke als Verbindungsdraht gebraucht wurde, erhielt ich die Zahlen:

100	88	109.

Die Erscheinung ist also unabhängig von dem Verzögerungswerthe des Drahtes, der die beiden Spiralen verbindet, da hier bei sehr verschiedenen Verzögerungswerthen nahe dieselben Verhältnisse der Ströme gefunden worden sind. In allen drei Beispielen ist die Verstärkung des Stro-

Stromes geringer, als die Schwächung, was daher nicht als zufällig betrachtet werden darf.

Der hier thatsächlich ermittelte Satz lautet:

Zwei einander parallele nahestehende Theile des Schliefsungsbogens der Batterie wirken auf einander ein. Der Entladungsstrom wird durch diese Einwirkung geschwächt, wenn er beide Theile in gleicher, und verstärkt, wenn er sie in entgegengesetzter Richtung durchläuft.

Der Satz ist mit früher gemachten Erfahrungen in folgender Weise in Verbindung zu bringen. Jeder Schenkel des in *N*- oder *U*form gelegten Schliefsungsbogens erregt in dem zweiten, ihm parallelen Schenkel einen, dem Entladungsstrome gleichgerichteten Nebenstrom, der den ganzen Schliefsungsbogen durchläuft. Die Masse des Schliefsungsbogens leitet gleichzeitig zwei Ströme, den Entladungsstrom und den Nebenstrom, von welchen der letzte Strom verhältnifsmäfsig sehr schwach ist und nicht unmittelbar vermag, die Wirkung des Entladungsstroms im Thermometer merklich zu verstärken. Ich habe früher aus den merkwürdigen Erscheinungen der Rückwirkung des Nebenstromes auf den Hauptstrom geschlossen, dafs der Hauptstrom verzögert wird, wenn jede seiner Partialentladungen einen ihr gleichgerichteten Nebenstrom in ihrer Nähe findet (Ann. 49, 397). Giebt man dieser Hypothese den Zusatz, dafs bei entgegengerichtetem Nebenstrome (ein Fall, der dort nicht vorkam) eine Beschleunigung des Hauptstromes eintritt, so sind die hier aufgefundenen Erscheinungen erklärlich. Es ist sogleich ersichtlich, dafs bei der *U*form des Schliefsungsbogens jede Partialentladung der Batterie einen ihr entgegengerichteten Nebenstrom treffen mufs, der ihre Dauer vermindert, bei der *N*form einen gleichgerichteten, der ihre Dauer verlängert. Es wird also im ersten Falle ein stärkerer, im letzten ein schwächerer Entladungsstrom gefunden werden müssen, als wenn der Schliefsungsdraht in gerader Linie ausgespannt ist.

VII. *Allgemeine Methode zur Messung der Geschwindigkeit des Lichts in Luft und durchsichtigen Mitteln; relative Geschwindigkeiten des Lichts in Luft und Wasser; Project eines Versuchs über die Fortpflanzungs-Geschwindigkeiten der strahlenden Wärme; von Hrn. L. Foucault.*

(*Compt. rend. T. XXX. p.* 551. Mit einigen Abkürzungen.)

Die neue experimentelle Methode, welche ich zur Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichts, bei Fortpflanzung durch eine kleine Strecke, vorschlage, gründet sich auf Anwendung des von Hrn. Wheatstone erfundenen rotirenden Spiegels, auf dessen Brauchbarkeit zur Lösung von dergleichen Aufgaben bereits Hr. Arago hingewiesen hat. Der rotirende Spiegel, verbunden mit einem angemessenen optischen Apparat, gestattet in der That, die Dauer eines doppelten Durchgangs des Lichts durch eine 3 Meter lange Wassersäule wenigstens bis auf ein Dreifsigstel auszumitteln, und wenn man blofs beabsichtigt, in Luft zu operiren, so erlaubt dieser Apparat, bei geringer Abänderung, einen Grad von Genauigkeit zu erreichen, den zu bestimmen mir noch nicht möglich war. Eine dritte Abänderung, welche bezweckt, die Lichtverlüste sehr zu verringern, wird, so weit ich sehe, zum Nachweis dienen können, dafs die bisher vom Licht untrennbare Wärmestrahlung sich mit derselben Geschwindigkeit wie dieses fortpflanzt.

Um diese Versuche verständlich zu machen, habe ich die Einrichtung des optischen Systems zu beschreiben, so wie auch die der neuen Maschine mittelst deren der Spiegel in eine rasche Rotation versetzt und letztere gemessen wird. Man operirt mit Sonnenlicht, oder auch mit elektrischem Licht.

Ein Bündel directen Lichts geht zunächst durch eine quadratische Oeffnung, dicht dahinter durch ein Gitter von

elf senkrechten Platindrähten (*au millimétre*) und darauf zu einer vortrefflichen achromatischen Linse von grofser Brennweite, die in einem Abstande, geringer als das Doppelte dieser Weite, vor dem Gitter aufgestellt ist. Das Bild des Gitters sucht sich jenseits unter mehr oder weniger vergröfserten Dimensionen zu gestalten, allein, nachdem das Bündel durch die Luft gegangen ist, fällt es, bevor es den Brennpunkt erreicht hat, auf den rotirenden Spiegel und, indem es von diesem mit seiner doppelten Winkel-Geschwindigkeit herumgeführt wird, giebt es im Raum ein Bild vom Gitter, welches mit grofser Schnelligkeit fortrückt. In einer ziemlich beschränkten Strecke seiner Bahn trifft dieses Bild die Oberfläche eines Hohlspiegels, dessen Krümmungsmittelpunkt auf dem Mittelpunkte der Figur und auf der Rotationsaxe des Spiegels gelegen ist, und während der ganzen Zeit, dafs es dessen Oberfläche bestreicht, schlägt das Licht dieses Bildes den Rückweg ein und fällt wieder auf das Gitter in einem Bilde von gleicher Gröfse. Um dieses Bild zu beobachten, ohne das ursprüngliche Bündel zu verdecken, stellt man schief gegen dasselbe, dicht bei dem Gitter, zwischen diesem und der Objectivlinse ein entweder dickes oder dünnes Parallelglas auf, und beobachtet mit einem kräftigen Ocular die seitwärts geworfenen Bilder. Ist das Glas dick, so sind die beiden Bilder mehr oder weniger getrennt, ist es dünn, so überdecken sie einander gröfstentheils und man giebt dem Glase eine solche Neigung gegen das Bündel, dafs die schwarzen aequidistanten Linien, mit denen dasselbe durchzogen ist, einander überdecken. Hierdurch benutzt man die Reflexionen von beiden Seiten. Der rotirende Spiegel bringt dieses Bild bei jeder Umdrehung wieder zum Vorschein, und wenn die Geschwindigkeit der Rotation gleichförmig ist, bleibt es unbeweglich im Raume. Bei Geschwindigkeiten, welche nicht 30 Umläufe in der Sekunde übersteigen, sind die successiv erscheinenden Bilder mehr oder weniger gesondert, allein über 30 Umläufe hinaus, sind

die Eindrücke auf das Auge bleibend und das Bild erscheint vollkommen ruhig.

Es ist leicht zu beweisen, dafs der Spiegel, indem er sich schneller und schneller dreht, das Bild verschieben mufs, wie wenn er es im Sinne seiner Bewegung mit sich führte. Denn das Licht, welches durch die Spalte des Gitters gegangen ist, kehrt nicht eher zu demselben zurück als bis es an dem rotirenden Spiegel zwei Reflexionen erlitten hat, getrennt durch die Dauer des doppelten Ganges zwischen dem rotirenden Spiegel und dem Hohlspiegel. Wenn nun der Spiegel rasch rotirt, kann die Dauer dieses Hin- und Herganges, selbst bei einer beschränkten Länge von 4 Metern, nicht für Null gelten, und vielmehr hat der Spiegel Zeit seine Lage beträchtlich zu ändern und diefs verräth sich durch eine Verschiebung des Bildes, welches von dem zurückkehrenden reflectirenden Strahl erzeugt wird. Streng genommen geschieht dieses immer, so wie der Spiegel selbst langsam rotirt; allein beobachtbar wird der Vorgang erst, wenn er eine gewisse Gröfse erreicht und man besondere Vorsichtsmafsregeln anwendet. Alle meine Anstrengungen waren darauf gerichtet, diese Ablenkungen so merklich wie möglich zu machen.

Die Hauptschwierigkeit, welche zu überwinden ist, entspringt daraus, dafs das Licht bei einer so verwickelten Bahn sich zu keinem recht scharfen Brennpunkt vereinigen kann; die Einschnürung des Bündels bei seiner zweimaligen Reflexion an der sehr kleinen Fläche des rotirenden Spiegels vernichtet nothwendig die Schärfe des Bildes und bringt unvermeidlich in dessen Umrissen eine Störung zu wege. Eben deshalb nahm ich als Lichtquelle die linearen gleichabständigen Räume, welche ein sehr feines Drahtgitter darbietet. Obwohl das Bild, welches man dadurch erhält, niemals scharf ist, so erscheint es doch unter der Gestalt eines Systems von weifsen und schwarzen Streifen, die den farblosen Fransen ähnlich sind und von denen jeder ein wohl bestimmtes Maximum und Minimum von Licht darbietet. Diese hellen und dunklen Räume sind demnach, wie

die Drähte des Gitters selbst, $\frac{1}{11}$ Millimeter von einander entfernt, und wenn man zur Beobachtung derselben ein in Zehntel-Millimeter getheiltes Mikrometer in dem Ocular anbringt, verrichten die beiden Liniensysteme den Dienst eines Nonius und erlauben ohne Unsicherheit eine Verschiebung von 0,01 Millimeter in dem Bilde wahrzunehmen.

Aus der schon bekannten Geschwindigkeit des Lichts findet man, dafs man, bei einem Objective von 2 Metern Brennweite und einer doppelten Weglänge von 4 Metern, dem Spiegel keine übermäfsige Geschwindigkeit (6- bis 800 Umläufe) zu geben braucht, um Verschiebungen von 0,2 bis 0,3 Millimetern zu erhalten. Allein es giebt ein ganz einfaches Mittel die Gröfse dieser Verschiebungen zu verdoppeln und diefs kann in manchen Fällen von Nutzen seyn; ich habe es mehrmals versucht und mich versichert, dafs es gelingt. Es besteht darin, dafs man, wie Bessel angegeben, den vom rotirenden Spiegel reflectirten Lichtbündel mit einem dicht daneben befestigten Hülfsspiegel auffängt und so vor und nach seiner Ankunft am Hohlspiegel zum rotirenden Spiegel zurücksendet. Durch die Betrachtung des virtuellen Bildes des rotirenden Spiegels in dem Hülfsspiegel erlangt man dasselbe, was Hr. Arago mit Hülfe zweier gleichzeitig und entgegengesetzt rotirenden Spiegel erreicht hat, mit dem Vortheil, dafs der drehende Spiegel und sein Bild immer strenge symmetrische Lagen haben, allein man geräth in die Uebelstände einer bedeutenden Verringerung der Lichtstärke und einer gröfseren Verwaschung des Bildes.

Diefs ist die Einrichtung des optischen Apparats, der mir erlaubt hat, die Fortflanzung der Lichtstrahlen nachzuweisen. Meine ersten Versuche gelangen in Luft bei einer doppelten Weglänge von 4 Metern mit einem Spiegel, der nicht mehr als 25 bis 30 Umgänge in der Sekunde macht.

Um sie im Wasser auszuführen, braucht man nur zwischen den rotirenden Spiegel und den Hohlspiegel eine Säule von dieser Flüssigkeit einzuschalten, begränzt von zwei Parallelgläsern, in einer konischen Metallröhre, die

inwendig gefirnifst ist, damit das Wasser klar bleibe; auch mufs man dafür sorgen, dafs die Endgläser keine Spannung in ihren Fassungen erleiden, und mufs dem Uebelstande abhelfen, der durch die Einschaltung der 3 Meter dicken Wasserschicht aus der Vergröfserung der Brennweite entspringt. Es gelingt dann leicht mit dem geschwächten und grünlichen Lichtstrahl, den das Wasser durchläfst, ein eben so deutliches Bild zu erhalten, wie sich ohne Dazwischenkunft der Flüssigkeit bildet. Man braucht dann nur den Spiegel in Rotation zu versetzen und seine Geschwindigkeit genau zu messen, wenn man daraus die absoluten Geschwindigkeiten des Lichts in Luft und Wasser herleiten will, oder gleichzeitig mit beiden Mitteln zu operiren, wenn man blofs den Sinn des Unterschiedes dieser beiden Geschwindigkeiten kennen lernen will.

Um einen Spiegel in rasche Rotation zu versetzen hat man bisher zwei Mittel angewandt. Hr. Wheatstone bediente sich dazu eines Fadens, der um eine mit Axe versehene Rolle geschlungen ist; er erhielt damit eine Geschwindigkeit von 6- bis 800 Umläufen in der Sekunde. Nach ihm hat Hr. Breguet, durch Benutzung der vortrefflichen Eigenschaften des White'schen Getriebes, eine Geschwindigkeit von 1000 bis 1500 Umläufen erreicht. Es scheint mir, dafs diese beiden Arten zur Mittheilung der Bewegung den Fehler haben, das Instrument zu schnell zu zerstören, dafs sie nicht erlauben, die Geschwindigkeit auf eine continuirliche Weise zu ändern oder sie eine hinlängliche Zeit constant zu erhalten.

Der von mir benutzte Apparat ist, glaube ich, diesen Einwürfen nicht ausgesetzt; er theilt dem Spiegel eine Geschwindigkeit mit, die man, nach Belieben, von 30 bis 800 Umläufe verändern, hinreichend constant erhalten, und während der Beobachtung selbst messen kann.

Er besteht aus einer kleinen Dampf-Turbine, ziemlich einer Sirene ähnlich, aber einen verhältnifsmäfsig schwachen Ton gebend. Der angewandte Dampf, der unter einem Druck von 0,5 Atmosphäre aus dem Dampfkessel her-

vorkommt, wird im Moment, wo er in die Maschine tritt, durch eine Weingeistlampe überhitzt. Er entweicht durch zwei Oeffnungen, schief eingebohrt, auf einem selben Durchmesser, in die obere Wand der Kammer, über welcher der Teller der Turbine befindlich ist; letzterer hat 24 Löcher, die in entgegengesetztem Sinne neigen und durch dünne Zwischenwände von einander getrennt sind. Diese Wände sind die Schaufeln der Turbine, die wegen ihrer geringen Höhe nicht gekrümmt zu seyn brauchen. Die Ausflufsöffnungen des Dampfs sind im Durchmesser fünf bis sechs Mal so grofs als die Dicke der Zwischenwände, so dafs der Dampf stetig ausströmt und nur einen geringen Ton giebt.

[Hr. F. beschreibt nun specieller die Einrichtung seiner Dampf-Turbine, an deren Axe der zum Rotiren bestimmte Spiegel befestigt ist. Da aber diese Beschreibung ohne Figuren wenig verständlich ist, so übergehen wir sie hier einstweilen, hoffend, dafs Hr. F. baldigst die projectirten Versuche ausführen und dabei eine Abbildung des Apparates nachliefern werde. Dann fährt er fort wie folgt.]

Ich wage noch nicht Zahlen zu geben, oder die zu ihrer Auslegung dienende Formel aufzustellen; ich begnüge mich mit der Angabe, dafs die bei einer Bahn von 4 Metern erhaltenen Ablenkungen bis auf ein Dreifsigstel ihrer Gröfse beobachtbar sind. Bisher wurde die Rotationsgeschwindigkeit der Spiegel nur durch den beim Rotiren seiner Axe entstehenden Ton bestimmt, mittelst der Schläge, welche derselbe mit dem Ton einer abgeglichenen Stimmgabel liefert. Man stimmte die Turbine vom Beobachtungsorte aus, indem man das Ausströmen des Dampfes mittelst eines Hahns regulirte, dessen Schlüssel einen langen Hebel trug, den man durch einen Faden, welcher aus einer in der Hand gehaltene Rolle gewickelt war, von weitem dirigirte. Weiterhin werde ich ein Mittel angeben, um die Rotationsgeschwindigkeit der Spiegel jeden Augenblick viel sicherer und rascher zu bestimmen.

Mich mit der Abschätzung der Geschwindigkeit durch

den Ton begnügend, habe ich durch zwei successive Beobachtungen bereits ermittelt, dafs die *Ablenkung des Bildes nach dem Durchgang des Lichts durch Luft geringer ist als nach dem Durchgang durch Wasser.* Ich habe auch einen andern bestätigenden Versuch angestellt, darin bestehend, dafs ich das Bild beobachtete, welches bei gleichzeitigem Durchgang des Lichts theils durch Luft, theils durch Wasser entstand. Bei geringen Geschwindigkeiten lagen die Streifen des gemischten Bildes fast in gegenseitiger Verlängerung, *allein bei Beschleunigung der Rotationsgeschwindigkeit verschob sich das Bild und an der Gränzlinie seiner beiden Hälften waren die Streifen gebrochen, wobei die Streifen der Wasserhälfte im Sinne der allgemeinen Ablenkung voraus lagen. Ueberdiefs erwiesen sich die Ablenkungen, bei Rücksicht auf die in Luft und Wasser durchlaufenen Wege, ziemlich proportional den Brechungsindexen.* Diese Resultate deuten darauf, *dafs die Geschwindigkeit des Lichts in Wasser geringer als in Luft ist*, und bestätigen also, nach den Ansichten des Hrn. Arago, vollständig die Aussprüche der Undulationstheorie.

Zu bemerken ist, wie es schon Hr. Arago gethan, dafs der Versuch, indem er in dem Wasser eine geringere Geschwindigkeit als in der Luft nachweist, unwiderruflich zwischen beiden Systemen entscheidet. Hätte man das Umgekehrte gefunden, so wäre die Newton'sche Theorie noch haltbar, aber die Undulationstheorie würde nicht nothwendig umgestürzt seyn, da es möglich ist, den Aether so constituirt anzunehmen, dafs, in welchem Sinne die Geschwindigkeit sich auch bei Aenderung des Mittels ändere, eine Erklärung gegeben werden kann.

[Hr. F. bemerkt nun, dafs die angeführten Versuche wegen der nur beschränkten Länge, die man der Wassersäule, wegen der starken Lichtabsorption darin, geben könne, keine grofse Genauigkeit mit sich führen, und er deutet daher verschiedene Mittel an, um besser zum Ziele zu gelangen. Wir lassen diese Auseinandersetzung fort, in der Hoffnung, dafs Hr. F. diese Vorschläge baldigst

zur Ausführung bringen und die Resultate davon veröffentlichen werde.]

Schliefslich will ich zeigen [fährt Hr. F. fort] dafs dieselbe Methode Mittel liefert, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wärmestrahlung zu messen. Die Arbeiten der neueren Physiker, besonders die des Hrn. Melloni, erlauben keinen Zweifel mehr an der Identität der Licht- und Wärmestrahlung; es sind zwei Wirkungen einer und derselben Ursache; jede Modification, welche man der einen einprägt, findet sich auch bei der andern wieder. Wenn bei dem eben beschriebenen Versuch das Licht abgelenkt wird, mufs sich damit auch der Ort des Wärmeeinflusses verschieben. Es scheint mir diefs eine thatsächliche Nachweisung zu verdienen, und diese wird durch das Thermometer selbst gelingen, wenn man die Intensität des Lichtbündels gehörig mäfsigt.

Wenn der drehbare Spiegel ruht und die richtige Incidenz darbietet, wird der ganze optische Apparat sogleich von der Lichtstrahlung durchlaufen und das Bild des Gitters besitzt eine mehr als hinlängliche Intensität, um auf die kleinen Thermometer einzuwirken, die ich, mit Hrn. Fizeau, zur Untersuchung der Wärme-Interferenzen angewandt habe. Wenn der Spiegel, mit beiden Flächen wirkend, zu rotiren beginnt, so wird das Bild dieselbe Intensität behalten, sobald das bewegliche Bild bei dieser Bewegung nicht aufhört auf eine spiegelnde und sphärische Fläche zu fallen, die ihren Mittelpunkt im Mittelpunkt der Bewegung hat. Diesen Bedingungen kann man sich nähern, wenn man die sphärischen Spiegel vervielfältigt und sie in die Bahn des beweglichen Bildes stellt; ein kleines Thermometer, aufgestellt dicht neben der Lichtquelle, an der Seite, nach welcher das feste Bild abweichen mufs, wird in der That, sobald die Rotationsgeschwindigkeit hinlänglich vergröfsert ist, eine Wirkung erleiden. Mehr will ich nicht sagen über einen Versuch, der noch anzustellen ist.

In Wirklichkeit enthält diese Abhandlung nur ein ein-

ziges Resultat: Die durch neue Mittel bewerkstelligte Ausführung des entscheidenden Versuchs, den Hr. Arago vor einigen Jahren erdacht hat, um sich definitiv zwischen den beiden Lichttheorien aussprechen zu können; allein diese Abhandlung hat noch den Zweck, eine Reihe von Anwendungen der neuen Methode, die wesentlich in der *Beobachtung des festen Bildes eines beweglichen Bildes* besteht, in Beschlag zu nehmen (*prendre date*).

VIII. *Notiz in Betreff eines Versuchs über die comparative Geschwindigkeit des Lichts in Luft und in Wasser; von den HH. Fizeau und L. Breguet.*

(*Compt. rend. T. XXX. p.* 562.)

Wir haben unternommen den wichtigen Versuch zu verwirklichen, den Hr. Arago in der letzten Sitzung der Akademie zur Sprache gebracht und wegen Augenschwäche bisher nicht hat ausführen können.

Der Rotationsapparat des Hrn. Breguet trägt einen kleinen Spiegel von 12 Mllm. Durchmesser, der eine Geschwindigkeit von 2000 Umläufen in der Sekunde erreichen kann, und leicht 12- bis 1500 Umläufe macht.

Die optische Einrichtung, welche wir anwenden, gründet sich auf die durch eine normale Reflexion bewirkte Rückkehr der Lichtstrahlen in sich selbst. Es ist die Einrichtung, die ich in einer früheren Arbeit beschrieben habe.

Das Licht geht aus von einem im Brennpunkt eines Fernrohrs gebildeten Luftbilde, dringt durch ein Objectiv, trifft auf einen rotirenden Spiegel und reflectirt sich lothrecht an einem festen Spiegel, kehrt dadurch zum rotirenden Spiegel zurück, durchläuft abermals das Objectiv und langt so wieder im Brennpunkt an.

Das durch die Rotation erzeugte Phänomen besteht in der Ablenkung des zurückgekehrten Bildes und dieses Bild ist ein permanentes, hervorgehend aus der sehr raschen Folge momentaner Bilder, welche einander überdecken. Die Ablenkung entspringt aus der Winkelbewegung, welche der rotirende Spiegel macht, während das Licht den Raum zwischen ihm und den festen Spiegel zwei Mal durchläuft. Nach Beobachtung der Ablenkungen in Luft bei Abständen, die man zur Erreichung der gröfsten Lichtstärke und der gröfst möglichen Deutlichkeit, verschiedentlich nahm, haben wir den Versuch so eingerichtet, dafs gleichzeitig die entsprechenden Ablenkungen in Wasser und in Luft beobachtet werden konnten. Bei gleicher Länge beider Mittel mufs das Verhältnifs der beiden Ablenkungen, nach der einen oder andern Theorie, entweder $\frac{4}{3}$ oder $\frac{3}{4}$ seyn.

Allein statt die Längen einander gleich zu nehmen, kann man sie für Luft und Wasser in dem Verhältnifs 4 zu 3 nehmen. Nach der Emissionstheorie sind diese Längen aequivalent oder werden in gleichen Zeiten durchlaufen und die Ablenkungen müssen also gleich seyn. Nach der Undulationstheorie dagegen müssen diese Längen in sehr verschiedenen Zeiten durchlaufen werden, in Zeiten, die für Wasser und Luft im Verhältnifs 16 zu 9 stehen, und die Ablenkungen müssen dasselbe Verhältnifs zeigen.

Wir haben für Wasser eine Länge von 3 Metern und für Luft eine von 2,25 Metern angewandt.

Geschieht der Versuch gleichzeitig mit beiden Mitteln, so wird er ein sehr empfindlicher Differential-Versuch, bei welchem man nicht nothwendig die Rotationsgeschwindigkeit des Spiegels zu kennen braucht, sondern nur die gleichzeitigen Ablenkungen beider Bilder zu vergleichen hat.

Die Apparate sind ganz vollendet, aber der Zustand der Atmosphäre hat noch nicht erlaubt, die Beobachtung anzustellen, denn die Versuche erfordern ein so lebhaftes Licht, dafs es unmöglich ist, das Sonnenlicht durch ein künstliches Licht zu ersetzen. Wäre gestern oder heute heiteres Wetter gewesen, hätten wir den Versuch schon

gemacht und das Resultat heute der Academie mitgetheilt; wenn unsere Versuche noch nicht beendigt sind, so hatte es darin seinen Grund, dafs wir erwarteten, Hr. Arago, dem diese Untersuchungen angehören, würde uns autorisiren, sie zu unternehmen.

IX. *Anweisung zur Beobachtung der Windhosen oder Tromben; von Hrn. Ch. Martins*[1]).

Die Windhosen sind Meteore, in denen die vereinte Thätigkeit des Windes und der elektrischen Kräfte die mannigfaltigsten und verwickeltesten Wirkungen erzeugt[2]). Auch giebt es keine Erscheinung, deren Beobachtung schwieriger wäre und mehr Kenntnisse und Scharfsinn erforderte. In dieser Anweisung werde ich mich begnügen, die Hauptpunkte hervorzuheben, auf welche sich die Aufmerksamkeit des Meteorologen zu richten haben wird, indem ich die Windhosen von Montville, Chatenay, Cette und Railingen zu Grunde lege, die einzigen, die bisher mit der Sorgfalt studirt worden sind, die diese gewaltigen Aeufserungen der

1) Auf Wunsch des Hrn. Verf. entnommen aus dem *Annuaire météorologique de la France, année* 1848, *Article Trombes terrestres.*

2) In der *Histoire de l'Académie des Sciences pour* 1767, *p.* 409, findet sich eine Abhandlung von Brisson, worin er mit grofser Klarheit die elektrische Theorie der Tromben auseinandersetzt. Er erklärt durch die gegenseitige Anziehung der Wolke und des Erdbodens die beobachteten mechanischen Wirkungen. Er hat sogar im Kleinen den Kegel oder die Wassersäule dargestellt, die sich in den Seewindhosen bilden, indem er der Oberfläche einer mit Wasser gefüllten Schale eine stark geriebene Röhre näherte. Das Wasser hob sich in Gestalt eines Hügels, der sofort zusammensank, als ein Funke zwischen der Flüssigkeit und der Röhre übersprang. Ath. Peltier hat diesen Gegenstand in seinem 1840 veröffentlichten Werk über die Tromben entwickelt.

atmosphärischen Elektricität verdienen. Durch die von mir angestellte aufmerksame Prüfung der schrecklichen Wirkungen der Trombe von Montville, durch die Emsigkeit, mit der ich den gerichtlichen Verhandlungen gefolgt bin, deren Gegenstand jene Windhose geworden ist, und durch die zahlreichen Unterhaltungen, die ich darüber mit meinem verewigten Freunde Ath. Peltier gepflogen habe, bin ich in den Stand gesetzt worden einige genaue Vorstellungen über diese, von den Physikern noch so wenig gekannten, Erscheinungen zu erwerben.

I. Vorläufer der Windhose.

Alle meteorologische Umstände, die dem Erscheinen einer Trombe vorangehen, sind von hoher Wichtigkeit und müssen sorgfältig aufgezeichnet werden. Das Barometer sinkt fast stets mit aufserordentlicher Schnelligkeit; so stand das Barometer des Hrn. Preisser zu Rouen am 19. Aug. 1845, um Mittag, auf $757^{mm},25$; um 1^h stand es nur noch auf $740^{mm},91$; um 1^h 15′ warf die Windhose 180 grofse Bäume am Houlme, 8 Kilometer von Rouen, nieder [1]).

Der Gang des Thermometers ist nicht minder bemerkenswerth. Die meisten Beobachter geben eine schwüle Hitze als Vorläufer der Tromben an, und eine der zur Erklärung der Windhosen vorgeschlagenen Theorien, die des Hrn. Espy [2]), schreibt die Hauptrolle dabei der ausschliefslichen Erhitzung einer Luftsäule zu, die inmitten der benachbarten Schichten von niederer Temperatur emporsteigt. Dasselbe gilt von den hygrometrischen Beobachtungswerkzeugen und den Elektrometern oder Elektroskopen. Ihre Angabe vor, während und nach dem Erscheinen des Meteors können das hellste Licht auf die Entstehungsweise der Tromben werfen.

Nicht selten geht der Windhose ein Gewitter vorauf

1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris T. XXI. p.* 498. 25 *août* 1845. Der mittlere Luftdruck zu Rouen (1845 bis 1846) beträgt $755^{mm},31$.

2) *Philosophy of Storms. Boston* 1841.

oder begleitet sie wenigstens. Man begreift, von wie hohem Interesse es für den Meteorologen seyn wird, die Himmelsgegend zu kennen, wo das Gewitter entstanden ist, die Anzahl, die Gestalt und die Farbe der Wolken, endlich die Richtung und Stärke des Windes. Der Beobachter wird sein Augenmerk darauf zu richten haben, ob zwei Wolkenschichten übereinander bestehen und die Natur dieser Schichten sorgfältig beschreiben, mit Hinblick auf die schönen Versuche, durch welche Peltier gezeigt hat, dafs die grauen Wolken mit negativer, die weifsen mit positiver Elektricität geladen sind [1]). Der Beobachter wird gleichzeitig darauf achten, ob die beiden übereinander befindlichen Wolken mit gleicher Geschwindigkeit fortschreiten und ob sie sich gegenseitig abzustofsen oder anzuziehen scheinen. Nur in seltenen Fällen gehen von diesen Wolken nicht elektrische Lichterscheinungen, Blitz und Donner aus. Auch in Bezug hierauf verdient Alles aufgezeichnet zu werden. Sind die Blitze continuirlich oder unterbrochener Art, zickzack- oder kugelförmig oder nur in Gestalt eines Lichtscheins; gehen sie von einer Wolke zur andern oder scheinen sie auf die eine oder die andere der beiden Wolken oder auf beide zugleich beschränkt zu seyn? alle diese Punkte verdienen eine besondere Erwähnung. Aus dem mit der Sekundenuhr gemessenen Zeitraum zwischen dem Blitz und dem Donner, verbunden mit der Höhe der Wolke über dem Horizont, wird sich annähernd die Entfernung der Wolke entnehmen lassen.

II. Erscheinungsweise und Gang der Windhose.

Nähert sich die Wolke der Erde und dem Beobachter, so ändert sich ihre Gestalt; sie wird einer Säule oder einem umgestürzten Kegel ähnlich; das Ansehen der Wolke gleicht dem des Rauches einer Feuersbrunst oder eines mit Steinkohlen gespeisten Ofens, und fast immer bemerkt man

1) *Mémoire sur la météorologie électrique* (*Archives de l'électricité, T. IV. p.* 173. 1844 *et Notice sur la vie et les travaux de J. C. A. Peltier par son fils, p.* 260).

darin, unter Begleitung von Blitzen, heftig wallende oder wirbelnde Bewegungen; unter diesen Umständen heifst die Wolke eine *Windhose* oder *Trombe*.

Fast alle Beobachter sprechen von einem eigenthümlichen Geräusch, welches der Windhose vorausgeht: die einen vergleichen es mit dem eines schweren Lastwagens auf einem steinigen Damm; die andern dem eines Eisenbahnzuges [1]). Diese Erscheinung ist um so interessanter zu studiren als dasselbe Geräusch öfters das Herannahen der Wolken verkündigt, die sich in Schlossen entladen, ohne sonst elektrische Wirkungen von sich zu geben.

Schieferplatten, Dachziegel, Bretter, Aeste, ja ganze Wipfel von Bäumen wirbeln nicht selten inmitten der Tromben einher, und geben uns eine Vorstellung von ihrer Gewalt. Ein Augenzeuge der Windhose von Cette hat einen Mast, eine Raa und ein Segel in der dem Wind entgegengesetzten Richtung, in grofser Höhe über einen Kanal fortgeführt, gesehen. Die Windhose von Montville trug einen Baumwipfel und eine Schäferhütte mit sich durch die Lüfte. So lange die Wolke dem Beobachter sichtbar bleibt, wird er eine besondere Aufmerksamkeit auf ihren Lauf zu richten haben. Ist dieser Lauf geradlinig und der herrschenden Windesrichtung gemäfs oder ist er zickzackförmig? Finden diese Zickzack-Bewegungen plötzlich und in spitzen Winkeln statt? Wird die Wolke angezogen von den Gebäuden, den Thürmen und Bäumen? Scheint sich die Trombe von Zeit zu Zeit zu erweitern, oder behält sie immer einerlei Querschnitt? Haben die Gestalt des Bodens, seine Feuchte oder seine Trocknifs, hat die Gegenwart eines Wasserlaufes einen merkbaren Einflufs auf den Gang oder das Aussehen der Wolke? In welcher Höhe über der Erde schwebt sie, und scheint diese Höhe zu wechseln? Alle diese Grundfragen sind von Wichtigkeit und noch unerledigt. Wenn die Windhose über grofse Bäume fortgeht, wird es sehr interessant seyn auch die klein-

1) Vergl. Schimper, über die Windhose von Railingen (Beilage zum Manheimer Journal, No. 74, 1845).

sten Umstände ihrer Wirkungsweise zu beobachten, und zu studiren wie diese Bäume entwurzelt, zerbrochen oder mit fortgerissen werden. Wenn sie Baulichkeiten trifft, wird man suchen müssen, die etwaigen Erscheinungen der Anziehung, Abstofsung oder die blitzähnlichen Wirkungen zu erkennen, die sie auf die Blitzableiter, die Schornsteine die Dachrinnen, die Ziegel u. s. w. ausübt. Ueberschreitet sie einen Flufs oder einen Teich, so wird der Beobachter seine Aufmerksamkeit zu verdoppeln haben, um festzustellen, ob das Wasser sich als Säule oder Garbe erhebe, oder ob es nur in Wallung gerathe und sich kräusele, wie man es manchmal zur See wahrnimmt [1]).

Nach dem Durchgang des Meteors wird man untersuchen, ob die Fische und die andern Thiere, die den Teich oder Flufs bewohnten, getödtet worden sind, wie Peltier es zu Chatenay gesehen hat.

Sehr schwache Windhose. — Wenn kein Wind herrscht, und die Wolke klein oder nur schwach mit Elektricität geladen ist, sind die Spuren, die die Trombe hinterläfst, sehr vorübergehend. Ein Beispiel dieses Verhaltens ist folgendes: Den 25. Juli 1845 gingen die HH. Hugueny, Brullé und Chanut von Dijon, nach dem Faubourg d'Ouche. Der Donner liefs sich in der Ferne hören, eine weifse Wolke von sehr länglicher Gestalt trennte sich auf dem Hintergrunde schwarzer Wolken ab; ihre Gestalt war die eines umgestürzten Kegels, dessen Spitze sich mehr und mehr der Erde näherte. Des andern Tages erzählte ihnen ein Landmann von Couchey, 8 Kilometer von Dijon, dafs er zuerst ein Geräusch gehört habe, ähnlich dem mehrerer Wagen, die auf steinigem Boden rollten, dafs er dann eine weifse kegelförmige Wolke auf sich zukommen gesehen, deren Grundfläche in einer schwarzen Wolke war, und deren unterer Theil, fünf bis sechs Minuten lang in einen dichten Nebel gehüllt, bis zur Erde reichte. In weniger als 15 Minuten durchlief diese Wolke den 3 Kilometer

1) Vergl. Peltier, *Observations sur les trombes. p.* 134.

meter betragenden Raum zwischen Fixey und Couchey. Eine sehr blasse Feuererscheinung gab sich ohne irgend einen Knall an allen Punkten kund, wo die Wolke die Erde berührte. Im Vorübergehen drehte die Trombe die Aeste der Kirschbäume um den Stamm, mehrere Korngarben wurden davongeführt und zerstreut, die Halme um die Weinstöcke gewickelt, die Bohnen niedergestreckt, die Kohlstauden ausgerissen, die Weinstöcke verdreht oder abgebrochen. Die Breite des Striches, auf dem man diese Zerstörungen wahrnahm, betrug nur 6^m, und sechs Tage nachher fand Hr. Hugueny kaum noch einige Spuren davon. Die Kiepe des Zeugen, welche 30 — 40 Kilogramm Gras enthielt, erhob sich 20^m hoch in die Lüfte und fiel ungefähr am selben Orte wieder zu Boden; das Gras wurde in allen Richtungen zerstreut. Die Schuhe, Hüte und Kleider, welche sich unter der Kiepe befanden, wurden, wie auch drei andere Kiepen, gleichfalls in die Höhe geführt. Der Augenzeuge liefs die Windhose sich ihm bis auf fünf Meter Entfernung nähern; als er aber anfing den Wind zu spüren, der in ihrer Nachbarschaft entstand, beeilte er sich das Weite zu suchen. In einer gewissen Entfernung von der Trombe war weder Regen, noch Wind, noch Gewitter, die Luft war vollkommen ruhig.

So milde Windhosen, wie diese, gehen gemeiniglich unbemerkt vorüber, und die Wirkungen der von ihnen ausgeübten elektrischen Anziehung werden auf Rechnung des Windes gebracht. Leider aber bezeichnen die Windhosen nur zu oft ihre Bahn durch furchtbare Zerstörungen. Die erste Sorge des Meteorologen mufs seyn, die Länge und Breite des verwüsteten Striches dadurch festzustellen, dafs er den ganzen Weg des Meteors verfolgt und ihn auf einer langen Karte verzeichnet. So ist die Bahn der Trombe von Montville eine vielfach gekrümmte, deren mittlere Richtung indefs von S 25° O nach N 25° O geht, nämlich von dem Dorf Saint-Jean du Cardonay, über dem Houlme gelegen, nach dem Dörfchen Grugny, nahe bei

der kleinen Stadt Cleres [1]). In gerader Linie beträgt die durchlaufene Strecke 45^{km}. Auf der Hochfläche von Malaunay, 2^{km} vom Anfang der Zerstörungen, habe ich die Breite des verwüsteten Striches gemessen und zu 220^{m} gefunden. Auf der Hälfte der ganzen, von der Windhose durchlaufenen, Strecke, auf dem Weg von Montville nach den Cambres, betrug die Breite 307^{m}. Endlich nahe bei Clères, wo die Verheerung ein Ende hatte, betrug sie nur noch 60^{m}. Nach Hrn. Bouchard hatte der Strich, auf dem sich die Wirkungen der Windhose von Chatenay bemerklich machten, 130^{m} Breite auf 4^{km} Länge [2]).

Ist der Gang der Trombe dergestalt durch unmittelbare Beobachtungen festgestellt, so wird man eine Vorstellung von ihrer Geschwindigkeit erlangen, indem man die Zeugnisse der Anwohner über die Zeit ihres Eintreffens an den verschiedenen Punkten ihrer Bahn sammelt.

III. Wirkungen der Windhose auf Bäume.

Entsohlte [3]) *und umgestürzte Bäume.* — Nehmen wir nun die durch die Windhosen verursachten Verheerungen etwas näher in Augenschein. Es sind die über dem Boden erhabenen Gegenstände, die Bäume und Gebäude, die denselben gewöhnlich am meisten ausgesetzt sind. Wo das Meteor milder aufgetreten, bemerkt man nur etwa zerbrochene Zweige, die entweder noch am Baume hängen oder in eine gewisse Entfernung geschleudert sind. Doch ist es selten, nicht wenigstens auf entsohlte Bäume zu stofsen. So nenne ich Bäume, deren Wurzelstock nur zum Theil aus seiner Lage gewichen ist, so dafs er eine vorspringende, aber noch mit dem Erdreich zusammenhängende Scholle darbietet. Der Stamm kommt dabei mehr oder weniger schief zu stehen und häufig berührt die Krone den Boden. Es ist wichtig, zu bemerken, ob der Baum von der Seite her entsohlt ist,

1) Man sehe die Blätter von Rouen und von Neufchatel auf der neuen Karte von Frankreich.

2) *Comptes rendus etc. t. IX. p.* 137. 1839.

3) *Arbres déchaussés.*

von der der Wind kam, und ob der Wipfel nach der andern Seite neigt. Um jeder Verwirrung in seinen Aufzeichnungen vorzubeugen, wird der Beobachter wohl daran thun, ein liegendes Bäumchen mit Wurzeln und Wipfeln in der entsprechenden Lage zu zeichnen. Im Allgemeinen sind die Bäume in der Richtung niedergeworfen, in der das Meteor fortgeschritten ist; die am Boden liegenden Stämme sind der Axe der von der elektrischen Wolke durchlaufenen Bahn merklich parallel, und mithin der mittleren Richtung des Windes, der sie dahin trug. Nichtsdestoweniger kommen zahlreiche und stets bemerkenswerthe Ausnahmen vor. So lagen, nach der Trombe von Chatenay, die Bäume meist von Süden nach Norden hingestreckt, gemäfs der allgemeinen Richtung des Meteors; allein Peltier [1]) hat bemerkt, dafs die Wipfel derjenigen Bäume, die sich zu beiden Seiten der Wolke befanden, nach der von ihr durchlaufenen Linie zeigten; die zur rechten gelegenen waren nach Westen, die zur linken nach Osten geneigt. Hr. Pouillet, der die Windhose von Montville einige Tage nach dem Ereignifs untersuchte, hat die Hauptrichtungen der auf der Hochfläche von Malaunay niedergeworfenen Apfelbäume vortrefflich beschrieben [2]). Sie zerfielen in drei Striche; in dem Mittelstrich lagen die Bäume in der Richtung der Trombe an den betreffenden Punkten; in den beiden Seitenstrichen zeigten die Wipfel nach dem Mittelstrich hin. Doch ist dieſs nicht immer der Fall; nach der Windhose, die die Umgebungen von Stow (Ohiostaat) am 20. October 1847 verheerte, waren die Bäume fast sämmtlich senkrecht auf die Richtung der Trombe gelagert, nur wenige in dieser Richtung selber, einige sogar in der umgekehrten Richtung, den Wipfel nach der Seite hin, von der der Wind kam [3]). Hr. Schimper hat bei der Windhose von Railingen im Juli 1845 ähnliche Thatsachen bemerkt. Bei der Trombe von Montville habe ich entspre-

1) *Observations sur les trombes, p.* 157. 158.
2) *Comptes rendus etc.* 8 *Septembre* 1845. *T. XXI. p.* 548.
3) J. Espy, *The philosophy of Storms, p.* 321.

chende Beobachtungen auf der Fläche von Malaunay gemacht; es kamen in dem linken Seitenstriche Bäume in den verschiedensten Azimuten gelagert vor, nach Osten, nach O 10° S; nach WNW und selbst nach SW. Aehnliche Gruppen fanden sich an drei andern Stellen der Seitenstriche vor. Alle diese Wirkungen erklären sich leicht, wenn man die mannigfachen Kräfte erwägt, die bei einer im Fortschreiten begriffenen Windhose ins Spiel kommen, nämlich 1° die Richtung des Windes, der sie mit sich führt; 2° die Anziehung der elektrischen Wolken nach Einigen, nach Andern die Saugkraft der Trombe, wodurch die Bäume gezwungen werden sich nach der Mitte des verheerten Striches zu neigen; 3° die Wirbelbewegung, die aus den beiden vorerwähnten Kräften entspringt, welche, indem sie in verschiedenen Richtungen mit verschiedener, ja in jedem Augenblick veränderlicher Intensität wirken, an den Gränzen des Striches die Bäume dergestalt schaarenweise nach allen Richtungen zu Boden strecken.

Entwurzelte und fortgetragene Bäume. — Heftige Windhosen entsohlen nicht allein viele Bäume, sondern entwurzeln sie auch vollständig und führen sie sogar bis in eine gewisse Entfernung mit sich fort. In dem Mittelstrich der Trombenbahn auf der Fläche von Malaunay waren vier dicke Apfelbäume, von $0^m,42$ Durchmesser am Boden, sich selbst parallel 35^m weit von Süd nach Nord fortgeführt worden; die in den Seitenstrichen nur $4-5^m$; zwei andere, die vor einer Reihe Eichen standen, waren mit solcher Gewalt dawider geschleudert worden, dafs der eine davon sie mit Ueberwindung aller Hindernisse durchbrach, und sich dergestalt überschlug, dafs der Wipfel im Süden, die Wurzel gen Norden lag. Der Wipfel eines andern zerschmetterte die Zweige einer Eiche, wurde aber dabei selber in zwei Theile auseinander gerissen. Man sieht aus diesen Beispielen wie grofs die Kraft gewesen seyn müsse, die jene Bäume zu entwurzeln und Pfeilen ähnlich in die Hochholzdickung zu schleudern vermochte. Am Ende seiner Bahn, 13^{km} von der Fläche von Malaunay, nahe Grugny,

hat das Meteor noch einen sehr starken Apfelbaum entwurzelt und 10m weit mit sich geführt. Aehnliche Wirkungen waren längs seiner ganzen Bahn bemerkbar.

Zerbrochene Bäume. — Wo eine starke Windhose ihren Durchgang genommen hat, findet man die Baumzweige zerbrochen, fortgeschleudert und Bäume, deren Wipfel abgebrochen ist oder die vollständig geköpft sind. Bei den schräg abgebrochenen Bäumen wird man sorgfältig zu beachten haben, ob die Bruchfläche senkrecht auf die Windesrichtung steht, und ob sie nach der entgegengesetzten Seite sieht von der, woher das Meteor anrückte. Dieſs war der Fall mit den Bäumen von Montville. Die überwiegende Mehrzahl der Wipfel fand sich auch in der Richtung des Windes fortgeschleudert; nichtsdestoweniger kamen sehr in die Augen fallende Ausnahmen vor: die Wipfel mehrerer Bäume waren gerade im entgegengesetzten Sinne fortgeführt worden. Der Beobachter wird dergleichen Thatsachen nicht vernachlässigen, denn sie benachrichtigen uns von der Richtung der bei der Erscheinung wirksamen Kräfte.

Verdrehte Bäume. — Der Stamm mehrerer Pappeln, Eichen und Erlen war nicht zerbrochen, sondern verdreht (*tordu*). Der Güte des Hrn. Picot verdanke ich den Stamm einer Schwarzpappel von 0m,11 Durchmesser, der auf eine Länge von 0m,50 gespalten und verdreht erscheint. Die Drehung beträgt 140°. In mehreren dieser Bäume fand sich die Bastschicht vom Holz getrennt, welches man in Gestalt eines vollen Cylinders aus dem Hohlcylinder herausziehen konnte, den die noch mit der Rinde bekleidete Bastschicht darstellte.

Gespällte Bäume[1]). — Die Wirkungen, von denen wir so eben gesprochen haben, erklären sich fast alle durch die vereinte Thätigkeit mechanischer Kräfte, welche entweder gleichzeitig oder nacheinander in entsprechendem oder entgegengesetztem Sinne angriffen. Dieſs ist nicht mehr der Fall hinsichtlich der gespällten Bäume, von denen

1) *Arbres clivés.*

jetzt die Rede seyn soll. Die mechanische Wirkung des Windes reicht nicht aus, um die Erscheinungen, die sie darbieten, zu erklären. Die gespällten Bäume sind vom Boden aufwärts, oder häufiger $0^m,5$ von demselben an, und auf eine Länge, die zwischen 2 und 7^m wechselt, in Leisten oder Streifen oder Splitter aufgelöst, die manchmal nicht dicker als Zündhölzer sind. Diese *Spällung* betrifft nur die Hälfte oder drei Viertel von der Dicke des Baumes. Der gespällte Theil ist der Seite, von der das Meteor kam, bald zugekehrt, bald davon abgewendet. In der Mitte der gespällten Strecke ist der Baum abgebrochen und der Wipfel ist nicht, wie in den geköpften Bäumen, fortgerissen. Ein noch wesentlicheres Merkmal besteht darin, dafs die Leisten und zündholzähnlichen Splitter sofort nach dem Durchgang der Trombe vollständig ausgedörrt und saftleer erscheinen. Hr. Preisser hat sich davon zu Montville am andern Tage überzeugt, die HH. Decaisne und Bouchard [1]) zu Chatenay, Hr. de Gasparin [2]) an Pappeln, die die Windhose von Courthezon gespällt hatte. Die Trocknifs der Splitter macht sie im höchsten Grade brüchig. Die einfachste Art, sich von dieser vollständigen Austrocknung zu überzeugen, ist die von Hrn. de Gasparin angewendete. Er brachte Bruchstücke von gespällten und ungespällten Pappeln zuerst in ein heifses Luftbad, dann unter die Glocke einer Luftpumpe. Eine sehr empfindliche Wage gab nicht den mindesten Gewichtsverlust des gespällten Holzes an, dagegen einen sehr bedeutenden des nicht gespällten [3]). Hr. Darcet seinerseits fand nur 7 Proc. Wasser in den gespällten Bäumen von Chatenay; frisches Holz enthält aber 30—40 Proc. Wasser, und sogar nach vier bis fünf Jahren findet man darin noch 24 bis 25 Proc. [4]).

1) *Comptes rendus etc. T. IX. p.* 137.
2) *Ibid. T. XII. p.* 1117. — *T. XIII. p.* 223.
3) Man kann sich in Zukunft natürlich auf den ersten Theil des Versuchs beschränken.
4) *Comptes rendus etc.* 2 *Décembre* 1844. *T. XIX. p.* 2112.

Eine von Hrn. Boussingault [1]) berichtete Thatsache erläutert vortrefflich diese Verdampfung des Saftes durch die Elektricität, und kann gewissermafsen als experimentelle Bestätigung der von Hrn. Arago [2]) ausgesprochenen, seitdem von Peltier [3]) entwickelten theoretischen Ansicht angesehen werden. Folgendes ist die Beobachtung des Hrn. Boussingault. Am 22. Mai 1812 wurde zu Bechelbronn im Elsafs ein starker Birnbaum vom Blitze getroffen; eine dicke Dampfsäule, dem Rauche eines mit Steinkohlen gespeisten Schmiedefeuers vergleichbar, stieg davon auf und Splitter flogen davon in eine Entfernung von mehren Metern. Die Rinde war verschwunden; der Baum erschien vollkommen weifs. Hr. Boussingault zweifelt nicht, dafs es der Wasserdampf sey, der diesen Baum gesprengt habe. Ich theile diese Meinung durchaus; in meinen Augen sind die gespällten Bäume und die gesprungenen Dampfkessel gleichbedeutende Erscheinungen.

Im Baume ist es der Saft, der sich zu einem grofsen Theil in Dampf verwandelt; der Stamm zerreifst in tausend Stücke und der Wind knickt ihn dann in der gespällten Strecke, die begreiflich viel weniger Widerstand darbietet als der übrige Stamm. Der verdampfte Saft gleicht einem dicken Rauche; daher die Täuschung der Zeugen der Trombe von Montville, welche sämmtlich glaubten, dafs die Wälder, über die sie hinzog, in Brand ständen. Dieser Rauch war der in Dampf verwandelte Saft der zahlreichen Bäume, die die Windhose auf ihrem Wege spällte. Seine dunkle Farbe verdankte er wahrscheinlich den erdigen Theilchen, die der Wind und die elektrische Anziehung in die Lüfte emporhoben.

Endlich, damit nichts zum Beweise fehle, ist es den HH. Becquerel, Vater und Sohn, gelungen, durch starke

1) *Ibid. T. XIX. p.* 1385. 1842.

2) *Notice sur le tonnerre. Annuaire du Bureau des Longitudes pour* 1838 *p.* 470.

3) *Observations sur les trombes, p.* 123.

elektrische Entladungen die Spällung der Bäume an Zweigen von der Dicke des kleinen Fingers nachzuahmen.

Es ist von Wichtigkeit die Art der gespällten Bäume anzugeben und die Unterschiede zu bemerken, die in dieser Beziehung zwischen den verschiedenen Arten obwalten. So war im Thale von Montville nicht ein einziger harziger Baum (Kiefern, Tannen, Lärchen) gespällt. Ich habe deren einige zwanzig gezählt, die mehr oder weniger übel zugerichtet waren, aber gespällt war nicht einer, obschon sie sich auf dem Wege des Meteors befanden und um sie herum die Stämme anderer Holzarten in Bündel von Leisten verwandelt waren [1]). Man weifs aber, dafs die Coniferen wenig Saft, hingegen viel Harz, vorzüglich zwischen Rinde und Holz, enthalten, und, da das Harz ein sehr schlechter Leiter ist, begreift man leicht, weshalb die Elektricität nicht ihren Weg durch diese Bäume genommen habe. Diese Beobachtung scheint mir die Ansichten der HH. Arago und Peltier völlig zu bestätigen.

Die durch die unmittelbare Wirkung der elektrischen Wolke gespällten Bäume bezeichnen ihren Weg über dem Erdboden, auch nehmen sie immer die Mitte des verheerten Striches ein. Auf der Fläche von Malaunay, wo die Breite des Striches 220^{m} betrug, nahmen sie davon in der Mitte 89^{m} ein.

Wesentliche Merkmale der Spällung. — Ehe ich ins Einzelne der Unterschiede gehe, die die Spällung in den verschiedenen Baumarten darbietet, glaube ich hier in Kürze die Thatsachen zusammenstellen zu müssen, die ich an den durch die Trombe von Montville gespällten Bäumen beobachtet habe; denn ich lege auf die Spällung der Bäume

1) Ich berufe mich insbesondere auf folgende Thatsache, die zuerst meine Aufmerksamkeit erregte. Gegenüber der grofsen Fabrik des Hrn. Picot die durch die Windhose zerstört wurde, ist die Landstrafse, die sich am Fufse der Hügelkette der Eslettes hinzieht, mit Lärchen eingefafst. Mit Erstaunen sah ich, wie die Trombe nur einige Zweige davon zerbrochen hatte, als ich eine kleine Buche gewahr wurde, die inmitten der Reihe zwischen zwei doppelt so hohen Lärchen stand; die Lärchen waren unversehrt, während die kleine Buche zu Leisten gespällt war.

den gröfsten Werth: ich betrachte sie als das unwidersprechlichste Anzeichen der elektrischen Natur des Vorganges.

1°. Man findet gespällte Bäume nur in der Mitte des durch das Meteor verheerten Striches, da wo es die gröfsten Verwüstungen angerichtet hat.

2°. Alle gespällte Bäume sind es gemeiniglich von ungefähr $0^m,5$ über der Erde an. Selten fängt die Spällung unmittelbar über dem Boden an, und noch seltener erstreckt sie sich bis in die Wurzeln.

3°. Die kürzeste Spällung, die ich beobachtet habe, mafs $2^m,10$ vom Boden ab; die längste $7^m,50$. Mittel $5 - 6^m$.

4°. Nie findet sich ein Baum in seiner ganzen Höhe gespällt, und nie setzt sich die Spällung in die Zweige fort, selbst dann nicht, wenn sie aus einer vollkommen gespällten Strecke des Stammes entspringen.

5°. Selten ist ein Baum seiner ganzen Dicke nach in gleich dünne Leisten gespällt, meist erstreckt sich die Spällung nur auf die Dreiviertel oder die Hälfte seines Querschnittes. Der gespällte Theil sieht bald nach der Seite, von der das Meteor kam, bald nach der entgegengesetzten Seite hin.

6°. Alle gespällte Bäume, mit Ausnahme von vier jungen Buchen, waren in der Mitte der gespällten Strecke, etwa 3^m vom Boden ab, zerbrochen. Die Bruchfläche stand senkrecht auf der Richtung des Meteors an der betreffenden Stelle.

7°. Der obere Theil des zerbrochenen Baums hält stets noch mit dem untern zusammen und neigt nach der Seite, wohin das Meteor ging.

8°. Nie ist ein Baum zugleich gespällt und entwurzelt oder in einer andern als der gespällten Strecke zerbrochen.

9°. Die Leisten oder zündholzähnlichen Splitter waren nach dem Durchgang der Trombe völlig vertrocknet und ihres Saftes beraubt. Diese Thatsache ist am andern Tage durch die HH. L'Huine, Roop, Preisser und eine grofse Anzahl Zeugen festgestellt worden.

10°. Das Gewebe eines jeden einzelnen Bruchstückes, für sich betrachtet, erscheint nicht zerstört; man ist nur von der Dürre des Holzes betroffen, wenn man es mit den noch safterfüllten nicht gespällten Theilen desselben Baums vergleicht. So boten zwei Monat nach dem Ereignifs die Eichen und Buchen, deren Stamm nur zur Hälfte gespällt war, auf der gespällten Seite dürre Zweige und Blätter dar; auf der nicht gespällten Seite aber grünes Laub.

11°. An allen gespällten Bäumen findet man die Rinde aufgerissen, verdorrt, nach innen aufgerollt, und entweder noch am Stamme haftend oder nach allen Seiten verstreut.

Spällung der verschiedenen Baumarten. — Die Spällung ist verschieden in den verschiedenen Baumarten. Am vollkommensten tritt sie auf in den Eichen (*Quercus robur*). Der Stamm ist seiner ganzen oder halben Dicke nach in Leisten zersprengt, die im Innern oft so dünn wie Gerten oder gar wie Zündhölzer sind. Die Ebenen der Spällung entsprechen der Richtung der Markstrahlen. Da der Baum stets in der Mitte der gespällten Strecke zerbrochen ist, so haben die Leisten, die man davon zu lösen vermag, im Allgemeinen nur die Hälfte ihrer Gesammtlänge.

Ich habe von dem oberen Stumpfe einer Eiche zwei dergleichen gelöst, von denen die eine $2^{m},50$, die andere $2^{m},27$ lang ist. Die eine mafs 8, die andere 5^{mm} Seite. Eine dritte Leiste von dem untern Stumpf einer andern Eiche mafs $1^{m},91$ Länge und 7^{mm} Seite. An ihrem freien Ende löst sie sich in vier Splitter von der Dicke eines Zündholzes auf.

In den Buchen (*Fagus sylvatica*) ist die Spällung gröber als in den Eichen: selten sieht man die zündholzähnlichen Bildungen, es sind wahre Leisten von mindestens $2-3^{cm}$ Breite, oft aber von sehr grofser Länge. Die Spaltungsebenen sind merklich im Sinne der Markstrahlen wie bei den Eichen. Die ausgedehnteste Spällung habe ich an einer dicken Buche von $0^{m},38$ Durchmesser über der Erde wahrgenommen, die unterhalb der Schlucht von Saint-Maurice stand; die Spällung fing sogleich am Boden an und

erstreckte sich bis 7m,50 Höhe. In der Mitte dieser Strecke war der Stamm zerbrochen. Die Buchen sind auch die einzigen Bäume, von denen einige (vier) noch aufrecht geblieben waren, obwohl sie vom Boden ab bis zu einer Höhe von 2 — 5m zu einem Drittel oder Viertel ihres Umfanges gespällt erschienen. Die Gesammthöhe dieser Buchen betrug 6 — 10m.

Die Spällung der Ulmen (*Ormus campestris*) ist der der Buchen sehr ähnlich, ich habe übrigens nur eine kleine Anzahl von Fällen beobachtet.

Von Eschen (*Fraxinus excelsior*) habe ich nur eine einzige gespällte gesehen. Es war ein junger Baum; er fand sich von 0m,52 über dem Boden ab in vier ungefähr gleiche Bruchstücke zersprengt. An einem derselben, welches die andern etwas an Stärke übertraf, hing noch die zur Erde gesenkte Krone. Die anderen Bruchstücke waren in 4m Höhe zerbrochen. Die Blätter der Krone sowohl, als die Zweige, welche aus den Bruchstücken entsprangen, waren noch grün.

Die Spällung der Pappeln (*Populus nigra*) unterscheidet sich merklich von der aller bisher aufgeführten Bäume. Anstatt nämlich den Markstrahlen parallel zu seyn, sind hier die Spällungsflächen senkrecht darauf. Die gröfste Breite der Leisten entspricht der Richtung der Jahresringe, die auseinander gewichen und getrennt sind. Oft verwickeln sich diese Wirkungen mit solchen, welche der Drehung des Stamms angehören, und der Stamm löst sich in krumme concentrische Leisten auf, die seitlich durch Holzfasern in Verbindung stehen. Manchmal kann das Holz aus der Bastschicht herausgezogen werden, wie der Kolben aus dem Stiefel einer Pumpe.

Die Espen (*Populus tremula*) boten eine eigenthümliche Art der Spällung dar. Einige, welche unterhalb der Schlucht von Saint-Maurice vor einer langen Reihe von Buchen standen, waren in Fäden aufgelöst. Der Baum scheint zerrissen zu seyn, aber die Leisten sind nicht vollständig getrennt, sie sind durch zahlreiche Holzfasern verbunden,

die dem ganzen Stamme das Ansehen eines Flachsbündels geben.

Kein einziger Apfelbaum (*Malus communis*) war deutlich gespällt. Die auf der Fläche von Malaunay, die sich im Mittelstrich der Trombenbahn befanden, waren manchmal bis zu den Wurzeln gespalten, in Stücke zersprengt und etwa 2^{m} über dem Boden abgebrochen; kein einziger aber in dünne Leisten oder zündholzähnliche Splitter aufgelöst. Sämmtliche daran bemerkbare Verletzungen liefsen sich auf die Wirkung eines heftigen Sturmes zurückführen.

Bäume mit verdorrten Blättern. — Zu Chatenay und Montville sind auch Bäume beobachtet worden, die noch aufrecht standen, deren sämmtliches Laub aber schwarz und verdorrt erschien. Am 24. October sah ich bei der zerstörten Spinnerei des Hrn. Picot zu Montville eine Gruppe von Birnbäumen, deren Blätter abgefallen, ihre Früchte (*poires de Cressane*) aber noch unreif waren, obschon die Birnbäume überall noch belaubt waren und dieselbe Art Birnen in der ganzen Umgegend bereits reif war. Eine Menge Zeugen haben unmittelbar nach dem Ereignisse schwarze und verdorrte Bäume gesehen.

IV. Wirkung der Windhosen auf die Gebäude.

Die Wirkungen der Windhosen auf die Gebäude sind so verschiedener Art, dafs es sehr schwer hält etwas Ordnung in ihre Aufzählung zu bringen; ich will jedoch versuchen, eine Vorstellung von den Punkten zu geben, auf die sich die Aufmerksamkeit des Beobachters vorzüglich zu richten haben wird, indem ich mich dabei auf die Thatsachen stütze, die ich selber zu Montville, und die HH. Bérard, Lantheric und Pouzin zu Cette wahrgenommen haben.

Wird ein Gebäude nur leicht von einer Trombe berührt, so beschränkt sich die Zerstörung auf ein Paar umgeworfene Schornsteine. Gleichviel in welcher Richtung sie fallen, ihr Sturz kann fast immer ebenso gut durch den Wind als durch die elektrischen Anziehungen erklärt wer-

den, denn die Erschütterung verursacht häufig schräge Risse, die die Masse des Schornsteins in entgegengesetzter Richtung der seitlichen Kräfte, welche darauf einwirken, der Schwere gehorchen machen. Wichtigere Anzeichen liefern die Blitzableiter, da sie so eingerichtet sind, dafs der Ausfluſs der Elektricität hier möglichst begünstigt ist. Vier Blitzableiter befanden sich auf den zerstörten Fabriken des Thales von Montville; die auf ihre Stangen aufgeschraubten Kupferspitzen waren verschwunden und haben trotz den sorgfältigsten Nachforschungen nicht wieder gefunden werden können. Die Stangen hatten ihren normalen Magnetismus behalten, den unbezeichneten Pol an der Spitze, den bezeichneten am Fufs des Blitzableiters.

Die Untersuchung der magnetischen Eigenschaften der weichen Eisenstangen der Gebäude, die von Windhosen zerstört sind, wirft auf die Natur der Erscheinung nicht so viel Licht als man glauben könnte. So hat man zu Montville an Spuhldrähten, gerieften Cylindern, Stücken von Treppengeländern, zu Cette an einem Stück Eisen von einem Balcon deutliche Spuren von Magnetismus gefunden; allein es ist bekannt, dafs weiches Eisen in die senkrechte Lage oder in den magnetischen Meridian gebracht, von selbst magnetisch wird; man kann also daraus, dafs man dergleichen magnetisch vorfindet, nicht schliefsen, dafs es von elektrischen Strömen durchflossen worden sey. Hingegen die Umkehr der Pole einer Bussolnadel, die nicht selten am Bord vom Blitz getroffener Schiffe bemerkt worden ist, würde einen Beweis der Gegenwart kräftiger elektrischer Wirkungen abgeben.

In vielen nur leicht beschädigten Gebäuden werden blofs die Dachschiefer von der Trombe fortgenommen; in andern auch die Dachluken (*Fenêtres tabatières*); zuletzt werden die Häuser zum Theil oder ganz abgedeckt. Man mufs darauf Acht geben, ob die Dächer in der Richtung des Windes oder in der entgegengesetzten Richtung fortgeführt worden sind. Im Thal von Montville kamen Beispiele vom Einen und Andern vor. Nie waren die

Dächer weit fort geworfen. Wo die Gebäude selbst zerstört waren, lagen sie auf den Trümmerhaufen; aber die Schieferplatten sind häufig mit solcher Kraft geschleudert worden, dafs sie 4—5^{mm} tief in Bäume oder in den Bewurf der Mauern eingedrungen sind. Ein sehr urtheilsfähiger Zeuge hat das Dach der Spinnerei des Hrn. Mare in dem Augenblick, wo die Wolke es berührte, senkrecht in die Höhe fliegen und zu Splittern zerstieben gesehen.

Die Mauern sind nach verschiedenen Richtungen gefallen, und man kann sagen, dafs sie im Allgemeinen einfach eingestürzt und in sich selbst zusammengesunken sind. Die Windhose von Chatenay warf eine und dieselbe Wand nach verschiedenen Richtungen um [1]) und Hr. Lalanne schätzt die dazu nöthige Kraft auf 300^{kgr} auf das Quadratmeter [2]). Man wird Obacht haben darauf, ob die Mauern in einem Stück umgeworfen und nur in ihrem Falle zertrümmert sind, oder ob ihre einzelnen Theile auseinander gesprengt und gerissen sind, wie die Backsteine der Fabriken von Montville. Eine Thatsache, welche die ganze Aufmerksamkeit der künftigen Beobachter zu fesseln verdient, ist die, dafs zwölf Zeugen, die zur Rettung behülflich waren, versichert haben, dafs die Backsteine der eingestürzten Mauern warm, sechs, dafs sie glühend heifs waren. Zwei haben gehört, wie die Arbeiter sich über die Hitze der Steine beschwerten. Ein einziger kurze Zeit nach dem Ereignifs angelangter erinnert sich nicht, dafs die Backsteine eine erhöhte Temperatur besafsen. Diese heifsen Steine kamen sowohl bei den HH. Mare und Neveu vor, deren Werke durch Wasserräder getrieben waren, als bei Hrn. Picot, der eine Dampfmaschine anwendet.

Der Beobachter wird mit grofser Sorgfalt alle Beschädigungen aufzeichnen, die er an den Fufsböden und Decken wahrnehmen wird. Die verschiedenartigsten Wirkungen sind hier beschrieben worden, als aufgerissene sowohl steinerne als getäfelte Fufsböden, durchlöcherte Decken, ausgerissene

1) Peltier, *Observations sur les trombes, p.* 159.

ptes rendus etc. T. IX. p. 221. 1839.

Nägel und andere Eisenstücke. Wenn die Verwüstungen nicht allzubeträchtlich sind, die Gebäude nicht, wie die Fabriken des Thals von Montville, völlig zerstört sind, wird der Beobachter suchen sich von der Richtung der wirkenden Kräfte Rechenschaft abzulegen. Im Allgemeinen ist diese Richtung die von unten nach oben. Bei dieser Untersuchung mufs man nicht unterlassen ein stetes Augenmerk auf die leitende und nicht leitende Beschaffenheit der Stoffe für die Elektricität zu haben; man wird den Zustand der Feuchtigkeit und der Trocknifs wohl beachten, wodurch diese Beschaffenheit geändert wird. Um von der Wichtigkeit dieser Unterscheidungen einen Begriff zu geben, wird es genügen daran zu erinnern, dafs in der kleinen Fabrik des Hrn. Picot zu Montville der verschonte Theil, der einzige, dessen Dach unversehrt geblieben ist, gerade über einem fliefsenden Wasser und einem grofsen eisernen Wasserrade gebaut und mit einem Zinkdache versehen ist. Man wird sich zu versichern suchen, ob nicht die Balken Spuren von Spällung darbieten, und dabei auf ihren Trocknifszustand achten, indem man das Beispiel der gespällten Sparren in dem Giebel der Abtei von Saint-Médard zu Soissons im Auge hält [1]).

Da die Kamine eine unmittelbare Verbindung zwischen der freien Luft und dem Innern der Gebäude herstellen, verdienen sie eine besondere Aufmerksamkeit. So sah man zu Chatenay Funken aus dem Kamin sprühen und Wäsche, die auf einem Tisch lag, wurde durch den Kaminschlot in die Weite entführt [2]).

In der Fabrik des Hrn. Mare zu Montville hingen ein Rock und ein Leibrock an einem Kleiderrechen vor einem Schornsteine, der durch eine Dachstube ging. Nach der Trombe fand man einen Schoofs des einen und einen Theil des Schoofses des andern Rockes in einer wagerechten Spalte eingeklemmt und gefangen, die an dem Schornstein entstanden war; zugleich bemerkte man, dafs das Dach

1) Peltier, *Observations sur les trombes, p.* 157.
2) *Annuaire du bureau des Longitudes, pour* 1838 *p.* 485.

gelüftet worden war. Die aufmerksame Untersuchung der Möbel in den Wohnungen, in Verbindung mit der Aussage der Bewohner, ist häufig von der gröfsten Wichtigkeit. Oft sind sie von ihrer Stelle gerückt, in die Höhe gehoben, umgeworfen oder zerbrochen. So erfafste die Windhose, die am 12. Juni 1749 über Rom fortging, eine Lampe, versetzte sie in eine kreisende Bewegung und führte sie rund um das Zimmer, ohne dafs sie erlosch. Bei der Trombe von Natchez [1]) am 7. Mai 1840 wurde ein Pult mit Fächern geöffnet, in deren jedem nur 0,02 Cubikmeter Luft enthalten waren. Die Schlösser der drei Klappen fanden sich zersprengt.

Alle Spuren von Feuer werden sorglich beachtet werden müssen, denn sie würden auf die Mitwirkung des Blitzes deuten; doch würde man irren, glaubte man diese Spuren im Verhältnifs zu den sonstigen Schäden; bei der Windhose von Cette verbrannten ein Strohsack und ein Kleid, bei der von Montville fanden sich die Baumwollenspuhlen gebräunt und ein Bett fing Feuer. Ein gewöhnlicher Blitzschlag bringt oft viel stärkere Verbrennungserscheinungen hervor. Doch wird sich der Beobachter bemühen, den hier bemerkbaren mit gröfster Sorgfalt nachzugehen, denn ihre Gegenwart, einmal sicher festgestellt, schliefst unmittelbar die Vorstellung aus, als sey die mechanische Gewalt des Windes die einzige Ursache der Zerstörungen gewesen. Auch wird man zu bedenken haben, ob nicht in gewissen Fällen das durch die elektrische Strömung plötzlich in Dampf verwandelte Wasser die Wirkung hat hervorbringen können. Hr. Arago schreibt ihm einige von den Wirkungen der sogenannten aufsteigenden Blitze zu [2]).

Nach Feststellung der materiellen Schäden scheint mir eine umständliche Vernehmung der Personen nothwendig, die der Erscheinung aus der Nähe und Ferne beigewohnt haben. Zwei derartige Verhöre haben auf die Erschei-

1) Espy, *Philosophy of storms*, *p.* 344.
2) *Annuaire du Bureau des Longitudes pour* 1838. *p.* 371.

scheinungsweise der Windhosen mehr Licht geworfen als alles, was vorher darüber geschrieben worden war. Das eine, vom wissenschaftlichen Standpunkt aus, hat Peltier über die Trombe von Chatenay angestellt, das andere gerichtliche hat über die von Montville stattgefunden. Die sämmtlichen Zeugenaussagen, unter einander verknüpft und verglichen, haben uns so zu sagen den Vorgang selbst beiwohnen lassen, der auf eine sehr übereinstimmende Weise beschrieben worden ist, sowohl durch die in den umgestürzten Gebäuden, als durch die in einiger Entfernung befindlichen Personen. Es wird von Wichtigkeit seyn, die Empfindungen von Personen festzustellen, die sich auf der Bahn der Windhose, indem man dem Schreck und der Uebertreibung billig Rechnung trägt. Einige behaupten Erschütterungen gleich denen von Elektrisirmaschinen empfunden zu haben. Andere sind blofs emporgehoben und mehr oder weniger weit fortgeführt worden. Ein Schäfer ist nebst seiner Hütte durch die Windhose von Montville in die Lüfte geführt worden: er ist zu Boden gefallen, aber die Hütte hat sich nie wieder gefunden. Fast Alle behaupten einen starken Geruch wahrgenommen zu haben; man wird die Natur desselben herauszubringen suchen und dabei nicht vergessen, dafs ununterrichtete Menschen fast alle unangenehme Gerüche mit dem der schwefligen Säure vergleichen. Nicht minder wesentlich ist die Untersuchung der Kleider und Körper der dem Meteor ausgesetzt gewesenen Personen. Zu Montville waren die Kleider und der Körper der meisten Fabrikarbeiter mit einem schwarzen klebrigen, fast anhängenden Ueberzuge bedeckt. Ich kann ihn nach der von mir angestellten Untersuchung nicht anders erklären als durch die Annahme einer Vermischung höchst fein zerriebener Erde mit Wasserdampf. Dieser schwarze Staub war es, der durch die Wolke dahingetragen, ihr das Aussehen eines Rauches gab, welches alle Zeugen bekunden, und zwischen ihr und dem Erdboden eine Verbindung herstellte, so dafs es schien, als brennten die Wälder, über die die elektrische Wolke hinzog.

Die Leichen der Opfer, die Wunden der Ueberlebenden verdienen gleichfalls eine aufmerksame Untersuchung, die begreiflich nur durch einen urtheilsfähigen Arzt angestellt werden kann. Seine Aufmerksamkeit wird sich auf die Spuren von Verbrennung, von Phlyctaenen von Ekchymosen u. s. w. zu richten haben, die etwa die Haut darbietet, ferner auf die Natur der Wunden, die Zufälle, die damit verbunden sind, und insbesondere auf etwa sich einstellende Lähmungen. Er wird diese Verletzungen mit denen vergleichen, die bei den vom Blitz getroffenen Individuen vorkommen und die Unterschiede und Aehnlichkeiten hervorheben. Diese Art von Vergleich erfordert indeſs viel Kenntniſs und Scharfsinn. In der That z. B. boten die durch die Windhose von Montville verletzten Arbeiter alle Zeichen der mit Kriegswaffen Verwundeten dar, die Stupor, die mangelnde Blutung, livides Aussehen der gequetschten Wunden, und einige Aerzte hatten bereits in diesen Zeichen den Beweis elektrischer Einwirkungen erkennen wollen.

Ich glaube in dieser Anweisung die hauptsächlichsten Umstände angedeutet zu haben, welche bei einer Trombe die Aufmerksamkeit des Meteorologen verdienen. Alle hier möglichen Wirkungen vorauszusehen, alle Umstände einer so verwickelten, so launenhaften Erscheinung anzugeben, würde ein Ding der Unmöglichkeit seyn; ich habe die vornehmsten Punkte hervorgehoben, die Einsicht des Beobachters wird das Uebrige thun. Das Princip der hier anzuwendenden Methode der Untersuchung besteht darin, die möglichen Wirkungen des Windes, die elektrischen Anziehungen und Abstoſsungen, und der elektrischen Strömungen zu erwägen. Sache des Physikers ist es dann, ihre gesonderte oder vereinte Thätigkeit heraus zu erkennen, den Antheil zu zergliedern, den jede dieser Kräfte an der Erzeugung der Phänomene gehabt hat. Ein aufmerksameres Studium dieser furchtbaren Meteore wird, meiner Meinung nach, zweifellos noch unbekannte Erscheinungsweisen der Elektricität ins Licht stellen; die Experimentatoren wer-

den sie nachahmen und erklären, und vielleicht wird man finden, dafs die Elektricität der Wolken, weit entfernt sich durch die Verbindung mit der Erde zu schwächen, sich durch die unaufhörliche Dampfbildung innerhalb der gespällten Bäume erneuert. So wird man vielleicht dahin gelangen sich Rechenschaft abzulegen von der unglaublichen Gewalt der Trombe von Montville, die, nachdem sie bereits mehrere Wälder verwüstet und die grofse Fabrikgebäude von Grundaus zerstört hatte, noch nichts von ihrer gewaltigen Kraft eingebüfst zu haben schien.

X. *Blitzschlag zu Sprottau in Niederschlesien am 15. August 1850; von R. Göppert.*

Nach einem sehr schwülen Tage entlud sich Abends nach 10 Uhr ein heftiges Gewitter über dem Horizont von Sprottau. Gegen $10\frac{3}{4}$ Uhr erfolgte ein gewaltiger Schlag, der auch in der That nicht weit von meiner Wohnung ein Haus getroffen hatte. Bei der näheren Besichtigung desselben ergab sich Folgendes: In ein einstöckiges Haus war der Blitz, vielleicht durch zwei seitwärts gelegene offenstehende Bodenfenster, durch die etwa an dieser Stelle 6 Zoll dicke Mauer nahe am Fenster in eine nach dem Hofe im ersten Stock gelegene Stube, eingedrungen. Seinen Eintritt bezeichnete er durch eine runde, um den Rand geschwärzte Oeffnung, überschüttete hier ein unmittelbar darunter liegendes im Bette schlafendes Kind mit zahreichen Funken, ohne es aber weiter zu beschädigen, und ging in völlig gerader Richtung an der Stubendecke längs zweien zur Befestigung der Strohmatten in ihr angebrachten Drähten und zwar an dem einen in sechs ziemlich gleich weit von einander entfernten Absätzen, die durch kleine rundliche Löcher

bemerklich waren, sichtbar bis über die Mitte hinaus der 12 Fuſs breiten Stube, an dem anderen nur etwa in der Länge von 3 Fuſs, wo er aber ebenfalls zwei kleine Löcher zurückliefs. Fast gerade gegenüber von seinem Eintritt in die Stube hing an der Wand, zur Seite eines hölzernen Schranks, ein mit einem ledernen dünnen Riemen versehener eiserner etwa 2 Fuſs langer Bogen, an dessen unterem Ende sich eine 4 Fuſs lange gewöhnliche grobe Brettsäge lehnte. Wahrscheinlich angezogen durch diese gröfsere Eisenmasse, sprang er von den oben genannten Drähten der Decke ab und ging nun, indem er ein oberflächliches Loch in die Wand schlug und die Spitze des genannten etwa nur 4 Linien dicken Eisenstabes schmolz, längs demselben, schmolz auch das andere Ende, an welcher Stelle sich wieder ein Loch befand und lief nun an der Säge herunter. An dem Eintrittspunkt sah man an derselben drei kleine runde vertiefte Löcher, deren Ränder nur Spuren von Schmelzung zeigten. Unterhalb der Säge, die auf dem Fuſsboden stand, ging er durch denselben und durch die Mauer hindurch in eine darunter liegende Stube, die Wohnung des Stadtmusikus, welche mit messingnen Blaseinstrumenten erfüllt war, deren bei weitem gröfserer Theil, an einer hölzernen, in der Mitte der Stube gezogenen, die Decke nicht ganz erreichenden, Wand hing; Nur eine Posaune befand sich gerade an der Stelle, wo in der oberen Stube der Blitz an der Säge heruntergefahren war. Indem er nun durch die Mauer oberhalb in die Posaune eindrang, erreichte er das seitliche zum Ein- und Ausziehen bestimmte Stück, durchbohrte es mit einer runden Oeffnung, fuhr innerhalb in der Länge des ganzen Stückes am anderen Ende wieder heraus, schmolz es zum Theil und drückte es 3 Zoll tief in die Mauer, wie denn gerade überhaupt an dieser Stelle die Mauer sehr beschädiget, der Kalk auf 1 Fuſs Länge und 5 bis 6 Zoll Breite entfernt war. Ein Theil des Metalls fehlte und wurde offenbar von dem Blitz in die Mauer geführt, wie man dieſs auch wohl schon anderweitig beobachtet hat. Von hier drang nun der Blitz in die nächst

stehende etwa 1½ Fufs dicke Mauer des Nachbarhauses und kam oberhalb des in den Hof führenden Ganges wieder zum Vorschein, wie sich aus der etwa 1 Fufs im Durchmesser haltenden von Kalk entblöfsten Stelle erkennen liefs. In der Mitte dieser Stelle sitzt das Ende einer grofsen mit Eisenoxyd bedeckten Handhabe, an welcher die unmittelbar daran befindliche in den Hof führende Thür eingehängt ist. Jedoch liefs sich an diesem 3 Zoll dicken Eisen, ebenso wie an der an dieser Stelle mit ein Paar eisernen Haften beschlagenen Seite der Thür, keine Schmelzung entdecken, wie sich denn überhaupt von diesem noch in der Höhe von 8 Fufs vom Erdboden entfernten Punkte jede Spur von einem weiteren Verlaufe des Blitzes verlor. Unter dieser Stelle lagen, etwa 4 Fufs entfernt, wollene auf den Spannbrettern noch hängende Strümpfe, an denen keine Brandflecke zu sehen waren. Dergleichen befinden sich nur beim Eintritt des Blitzes in die erst beschriebene Stube auf der Bettdecke, etwa 12 ungleich von einander entfernte ¼ Zoll breite Brandflecke, so wie auf dem Hemde des Kindes. Der Vater, des in diesem Bette schlafenden Knaben, hatte Geistesgegenwart genug, auf der Stelle die brennenden Funken abzukehren, und somit die weitere Verbreitung des Feuers zu verhindern. In diesem Zimmer waren noch drei, in dem unteren fünf Menschen. Betäubt oder niedergeworfen wurde keine einzige Person, nur im unteren Zimmer ein auf dem Sopha schlafender Knabe, der etwa 4 Fufs von der genannten Posaune entfernt, aber von ihr noch durch ein Schreibpult getrennt lag, ohne weitere Beschädigung heruntergeworfen. Seine Mutter, mit einem kleinen Kinde auf dem Arme, stand nicht weit von ihm. Alle wollen gewaltiges Geprassel, Funkensprühen und Schwefelgeruch bemerkt haben.

XI. *Ueber die Brechungsexponenten der zusammengesetzten Aetherarten; von W. Delffs.*

Ungeachtet die Zahl der von mir bestimmten Brechungsexponenten im Vergleich mit der Anzahl der bisher dargestellten, zusammengesetzten Aetherarten nur gering ist, so scheint mir dieselbe doch grofs genug zu seyn, um die Aufmerksamkeit der Chemiker auf gewisse Gesetzmäfsigkeiten, welche sich zwischen der Gröfse dieser Brechungsexponenten und der Zusammensetzung der genannten Aetherarten herausstellen, hinzulenken.

Die Bestimmung der in nachfolgender Tabelle zusammengestellten Gröfsen geschah mit Hülfe des von J. Müller [1]) beschriebenen und abgebildeten Instruments, und macht daher nur auf angenäherte Richtigkeit Anspruch. Aus diesem Grunde halte ich es für überflüssig, die Temperatur, bei welcher die Messungen vorgenommen wurden, genauer anzugeben, indem ich mich darauf beschränke hinzuzufügen, dafs diese Temperatur bei den einzelnen Aetherarten nur um wenige Grade schwankte, und dafs das Instrument innerhalb dieses Intervalls bei einer und derselben Aetherart keine bemerkliche Differenz in der Gröfse der Brechungsexponenten wahrnehmen liefs.

Die benutzten Aetherarten wurden sämmtlich von mir selbst dargestellt, und namentlich in Bezug auf ihren Siedepunkt geprüft, in dem keine derselben zur Bestimmung der Brechungsexponenten diente, bevor sie einen *constanten* Siedepunkt zeigten. Die meisten wurden nach den allgemein bekannten Methoden dargestellt; nur das essigsaure Methyloxyd und das baldriansaure Aethyloxyd wurden auf minder gewöhnlichem Wege gewonnen. Ersteres bereitete ich durch Destillation eines innigen Gemenges von methylschwefelsaurem Baryt mit essigsaurem Natron; letzteres stellte ich gemeinschaftlich mit Hrn. Prof. Schröder in

1) Dessen Lehrb. der Physik und Meteorologie, 2. Aufl. Bd. 1, S. 384.

Mannheim, (mit dem ich mich zu meinem weiteren Studium dieser interessanten Gruppe von Verbindungen vereinigt habe), durch Destillation von baldriansaurer Magnesia mit sogenannter Weinschwefelsäure dar.

	Zusammensetzung.	Brechungsexponent.
Ameisensaures Aethyloxyd	$C^6H^6O^4$	1,3570
Essigsaures Methyloxyd	$C^6H^6O^4$	1,3576
Essigsaures Aethyloxyd	$C^8H^8O^4$	1,3672
Buttersaures Aethyloxyd	$C^{12}H^{12}O^4$	1,3778
Baldriansaures Aethyloxyd	$C^{14}H^{14}O^4$	1,3904
Essigsaures Amyloxyd	$C^{14}H^{14}O^4$	1,3904

Ein Blick auf diese Tabelle zeigt:

1) *dafs die Brechungsexponenten der zusammengesetzten Aetherarten mit den Mischungsgewichten derselben wachsen; und*

2) *dafs die isomerischen Aetherarten gleiche Brechungsexponenten besitzen.*

Ein fortgesetztes Studium dieser Körpergruppe wird zeigen, ob sich diese beiden Gesetze auch bei den übrigen Gliedern derselben bestätigen. Zu bedauern ist nur, dafs dafs das Material zur Darstellung der meisten noch fehlenden Glieder so schwierig zu erwerben ist. Es wäre daher wünschenswerth, wenn auch andere Chemiker sich durch diese Mittheilung veranlafst sehen sollten, die obige Reihe zu vervollständigen.

Heidelberg, den 13. November 1850.

XII. *Beobachtungen über das Sonnenspectrum; von Sir David Brewster.*

(*Compt. rend. T. XXX. p.* 578.)

Da die Phänomene des Sonnenspectrums innig verknüpft sind mit fast allen Zweigen der physischen Optik, so bin

ich veranlaßt, der Academie eine kurze Notiz über einige Resultate einer 15jährigen Reihe von Beobachtungen zu übergeben.

Die Beobachtungen wurden angestellt mit einem von Dollond verfertigten Fernrohr, bei welchem blos die sphärische Aberration berichtigt war. Das Objectiv hatte einen Durchmesser von 4 Zoll englisch und das angewandte Prisma war die Arbeit des Hrn. Merz in München; es ist, glaube ich, das größte Prisma, das jemals angefertigt worden.

Da meine Augen für die violetten Strahlen unempfindlich sind, so konnte ich das Spectrum nicht über die von Fraunhofer für die brechbarsten Strahlen angegebene Gränze ausdehnen: allein dieser Mangel wird aufgewogen durch eine ungemeine Empfindlichkeit für die rothen Strahlen, und dadurch war ich nicht allein im Stande, im Orange und im Roth eine große Anzahl interessanter Linien und Streifen von verschiedener Intensität zu entdecken, sondern auch den wenigst brechbaren Theil des Spectrums weit über die Gränzen auszudehnen, welche Fraunhofer demselben gesteckt hat.

Ich wünschte, ich könnte der Academie die Zeichnungen vorlegen, welche die zwischen den Fraunhofer'schen liegenden Linien vorstellen; allein ich habe es unausführbar gefunden, wenigstens in genügender Weise, weil die Erscheinungen aus dunklen oder verschiedenartig schattirten Streifen bestehen, die nicht nach der von Fraunhofer befolgten Methode durch scharfe Linien dargestellt werden können. Ich muß mich daher für jetzt damit begnügen die Originalskizzen auf den Tisch der Academie zu legen, damit sie von denjenigen Mitgliedern untersucht werden mögen, die sich speciell dafür interessiren.

Diese Skizzen repräsentiren die Linien und Streifen in allen Theilen des Spectrums, allein vornehmlich wünsche ich die Aufmerksamkeit der Academie zu lenken auf den Theil des Spectrums, der jenseits der Fraunhofer'schen Gränze *A* liegt und, meines Wissens, außer mir noch von

Niemand untersucht ist, so wie auf den interessanten Theil des *rothen* Raums zwischen den Linien *A* und *B*, worin Fraunhofer nur eine mit *a* bezeichnete Gruppe von acht kleinen Linien versetzt hat.

Der neue Theil des Spectrums, der sich über die Fraunhofer'sche Gränze *A* erstreckt, ist fast so lang wie der Raum zwischen *A* und *B*.

Um diesen Raum zu studiren, fand ich es nöthig, nicht allein alle übrigen Strahlen, die auf das Prisma fallen konnten, durch Absorption auszuschliefsen, sondern auch den Körper des Fernrohrs inwendig mit schwarzem Sammt auszukleiden, und überdiefs die zu dicke Flüssigkeit, welche die Hornhaut schlüpfrig macht, durch Reizung des Auges mittelst Ammoniakdämpfe fortzunehmen. Auf diese Weise entdeckte ich fünf Hauptlinien und eine grofse Anzahl schwächerer mit mehren Streifen, breiteren und schmäleren, von sehr verschiedenartigen Helligkeitsgraden. Der merkwürdigste Theil dieser Region des Spectrums ist eine Gruppe von zwölf Linien dicht bei *A* und auf der weniger brechbaren Seite dieser Linie. Diese Linien sind um so mehr von einander getrennt als sie sich von *A* entfernen, so dafs sie dem von ihnen eingenommenen Theil des Spectrums das Ansehen einer cylindrischen Concavität ertheilen, die in ein *rothes* Solidum verläuft.

In dem zwischen *A* und *B* liegenden Stück des Spectrums, in dessen Mitte Fraunhofer die mit *a* bezeichnete Gruppe von acht Linien gesetzt hat, lassen sich drei Theile unterscheiden: 1) der zwischen der Linie *A* und der ersten Linie der Gruppe liegende Theil, den man mit *A*1 bezeichnen kann; 2) die Gruppe *a* selbst oder der Raum zwischen 1 und 8; 3) der Theil zwischen der letzten Linie 8 dieser Gruppe und *B* oder 8*B*. In der Skizze, welche ich im Allgemeinen von dem Raum *AB* gegeben, habe ich die Linien nach einem Maafsstabe gezogen, der einem Spectrum von 11 engl. Fufs Länge entspricht. Ueberdiefs habe ich der Gruppe *a* wegen des besonderen Interesses, welches sie verdient, nach einem drei Mal gröfseren

Maafsstabe, also entsprechend einem Spectrum von *vier und dreifsig* Fufs Länge, gezeichnet. Die Linien, welche diese Gruppe enthält, 36 an der Zahl, erfordern eine sehr deutliche Auseinanderlegung des ganzen Raums, und dieselbe Vergröfserungsscale ist nothwendig, um die hellen und dunklen Räume zwischen den Linien sichtbar zu machen. Der Theil *Ba* oder vielmehr *B*8 enthält dicht bei *B* eine Gruppe aequidistanter recht scharfer Linien, die von *B* durch einen schmalen glänzenden Raum getrennt ist. Die Linien werden in dem Maafse schwächer als sie *a* näher kommen und bilden drei helle und drei dunkle Streifen von sehr verschiedener Breite. Der Theil *A*1, der bei Fraunhofer das Ende des Spectrums bildet und in welchem derselbe keine Linien angiebt, ist ungemein schwierig aufzulösen. Nach vielen unfruchtbaren Versuchen ist es mir gelungen, in der Mitte dieses Raums *neun* bis *zehn* sehr schwache Streifen zu entdecken, so wie auch gegen seine beiden Enden *A* und 1 hin eine kleine Anzahl schmälerer und schärferer Streifen.

Beim Sonnenuntergang, im September 1841, war die Linie *A* sehr bedeutend ausgebreitet, so dafs sie ein breites dunkles Band bildete, aber sehr merkwürdig war der mittliche Theil dieses Streifens oder Bandes, der etwa ein Drittel des Ganzen einnahm, dunkler als das Uebrige und deutlich getrennt von den beiden anderen Dritteln, zwischen welchen es lag, so dafs es eine gröfsere Neigung zur Absorption verrieth als die anliegenden Theile.

Bei Untersuchung dieser schwer auflöslichen Theile des Spectrums gelang es mir, Linien, welche sonst unsichtbar gewesen wären, dadurch zu entdecken, dafs ich sie mit einem Prisma betrachtete, dessen Brechungsebene mit der Richtung der Linie zusammenfiel. Ein noch besseres Resultat erhielt ich bei Anwendung einer cylindrischen Linse von kurzer Brennweite, die als ein System sehr vieler Prismen von verschiedenen Brechungswinkeln angesehen werden kann. Wenn man die verschiedenen Punkte des schlecht begränzten Randes einer Linie in einer einzigen Ebene

bricht, besteht der Effect gewissermafsen in einer Politur dieses Randes, wodurch er dann sichtbar wird.

In dem von Fraunhofer gezeichneten Spectrum sind alle Erscheinungen durch schwarze, deutliche und scharfe Striche angegeben. Nach meinen mit viel stärkeren Vergröfserungskräften gemachten Beobachtungen besteht das Spectrum aus einer unermefslichen Anzahl von Streifen von sehr verschiedener Intensität, getrennt durch scharfe Linien von verschiedener Breite. Sehr möglich, dafs diese Streifen nichts als Absorptionswirkungen der Atmosphäre sind und dafs Beobachtungen, in höheren Regionen der Luft angestellt, das Spectrum so ergeben, wie es Fraunhofer dargestellt hat [1]). Möglich wäre auch, dafs mit gröfseren und reineren Prismen als wir gegenwärtig besitzen die dunklen Streifen in Linien aufgelöst werden können, wie wir die Nebelflecke in Sterne aufgelöst haben; allein bis zur Vollendung solcher Versuche haben wir das Spectrum, wie wir es gegenwärtig sehen, als bestehend anzunehmen aus Streifen von sehr verschiedenen Intensitätsgraden, in welchen, sey es durch Wirkung der Sonnenatmosphäre oder durch die unserer Atmosphäre, nur ein Theil des Lichtes ausgelöscht ist.

Die Behauptung, dafs die Atmosphäre der Erde in der Modification des Sonnenspectrums eine sehr wichtige Rolle spiele, kann nicht dem leisesten Zweifel unterliegen. Ich habe Gelegenheit gehabt das Spectrum zu allen Tagesstunden und bei allen Sonnenhöhen unserer geographischen Breite zu untersuchen und habe dabei verschiedene Absorptionswirkungen der Atmosphäre beobachtet. Ich habe die dadurch entstandenen Streifen kunstlos und eilig aufgezeichnet; sie sind von bestimmten Linien des Spectrums begränzt und zuweilen aufserordentlich breit, ähnlich denen, welche das salpetrige Gas erzeugt. Diese mit *D, m, C, B, a, A* und *M* bezeichneten Linien verwandeln sich bei gewissen Zustän-

1) Ich habe schon früher darauf aufmerksam gemacht (Ann. Bd. 38, S. 63) dafs Fraunhofer seine Beobachtungen in einer Höhe von 1600 Fufs über dem Meere anstellte. P.

den der Atmosphäre in breite schwarze Streifen und es giebt einen beträchtlichen Raum, entsprechend dem hellsten Raum des Spectrums, der im Moment, wo die Sonne sich in die Mitte eines glänzenden Vorhangs von rothem Lichte versenkt, fast ganz absorbirt wird.

Schon habe ich bemerklich gemacht, dafs der Raum *AB* einer der interessantesten ist. Als Fraunhofer das Spectrum eines künstlichen weifsen Lichts verglich mit dem der Sonne, entdeckte er die sehr merkwürdige Thatsache, dafs dieses Spectrum, während darin keine dunklen Streifen vorhanden sind, *zwei helle Streifen von gelbem Licht* enthält, die genau coïncidiren mit den beiden schwarzen Linien, welche die Linie *D* des Sonnenspectrums bilden. Ich habe eine analoge und noch merkwürdigere Eigenschaft an dem Spectrum des Lichts von der Verbrennung des *Salpeters auf Kohle* entdeckt. Dieses Spectrum zeigt glänzende rothe Linien, coïncidirend nicht allein mit den Doppellinien *A* und *B*, sondern auch mit jeder der *acht* Linien, welche die Gruppe *a* im Fraunhofer'schen Spectrum bilden.

Auch in dem Spectrum des Lichts von der Verbrennung des *salpetersauren Strontians* in der Alkoholflamme habe ich zwischen *D* und *E* glänzende Streifen entdeckt; allein obwohl sie mit gewissen Streifen und Linien des Sonnenspectrums zusammenzufallen *schienen*, habe ich doch diese muthmafsliche Coïncidenz nicht ganz aufser allen Zweifel setzen können.

Ich zweifle nicht, dafs bei dem Lichte aus der Verbrennung verschiedener Salze und Metalle ähnliche helle Linien entdeckt werden, die mit anderen Hauptstreifen des Sonnenspectrums zusammenfallen.

XIII. *Ueber eine merkwürdige Eigenschaft des Dampfes und ihre Beziehung zur Theorie der Dampfmaschine; von Hrn. William Thomson.*

(*Phil. Mag. Vol. XXXVII. p.* 387. Ein Brief an Hrn. Joule.)

In Hrn. Rankine's Aufsatz über die mechanische Wirkung der Wärme [1]) wird das folgende merkwürdige Resultat ausgesprochen: „Wenn man gesättigten Wasserdampf sich ausdehnen läfst und zugleich in der Temperatur der Sättigung erhält, so ist die Wärme, welche bei der Ausdehnung verschwindet, gröfser als die, welche beim Sinken der Temperatur frei wird, und der Wärmeverlust mufs von aufsen ersetzt werden, *sonst würde ein Theil des Dampfs liqueficirt werden, um die zur Ausdehnung des Restes erforderliche Wärme zu liefern.* Dieser Schlufs glaube ich kann nur durch Ihre Entdeckung, dafs bei Reibung bewegter Flüssigkeiten Wärme entwickelt wird, mit den bekannten Thatsachen vereinbart werden. Denn bekanntlich kann man die Hand ohne Gefahr in einen aus der Sicherheitsklappe eines Hochdruck-Kessels hervorkommenden Dampfstroms stecken, und ebenso bekannt ist, dafs das „*Watt'sche Gesetz*" die Abnahme der latenten Wärme des gesättigten Dampfs mit steigender Temperatur nicht strenge ausdrückt, vielmehr hat Regnault gezeigt, dafs die Gesammtwärme des gesättigten Dampf langsam und annähernd gleichförmig mit der Temperatur abnimmt. Diese beiden Thatsachen sind mit einander verträglich und verknüpft; denn nach der letzteren, mufs der Dampf, der zum Hochdruck-Kessel austritt, dicht bei und aufserhalb der Mündung, wo natürlich sein Druck schwerlich den der Atmosphäre übertreffen kann, auf einer Temperatur merklich über 212° befindlich und folglich übersättigt seyn, und wohl bekannt ist, dafs die Hand nicht leidet, wenn man sie einem heifsen Strom von trocknem Gase aussetzt, selbst wenn dessen Temperatur

1) *Transact. of the Roy. Soc. of. Edinb. Vol. XX. pt. I.* (Vergl. S. 172 dieses Bandes d. Ann.)

bedeutend 212° übersteigt. Allein nach Hrn. Rankine's Satz würde der Dampf, den man von der Sättigung ab sich ausdehnen läfst, *wenn ihm keine Wärme zugeführt wird*, gesättigt bleiben, bis auf eine kleine Portion, die flüssig wird. Entweder ist Hr. Rankine's Folgerung im Widerspruch mit den Thatsachen oder *der Dampf mufs beim Austritt aus dem Kessel etwas Wärme aufnehmen*. Die vorgebliche Erklärung einer entsprechenden Erscheinung beim Ueberströmen von Luft aus einem Gefäfs in ein anderes, nach Gay-Lussac's Versuch, worauf Sie hinweisen, ist hier sicher nicht anwendbar, weil der Dampf, statt Wärme von aufsen aufzunehmen, beim Durchgang durch den Hahn oder die Röhre mittelst Strahlung und Leitung ein wenig verlieren mufs. Es ist kein anderer Weg, auf welchem der Dampf Wärme erlangen kann, als durch Reibung beim Ausströmen durch die Mündung. Mithin glaube ich sagen zu dürfen, dafs Ihre Entdeckung allein Hrn. Rankine's Entdeckung mit den Thatsachen vereinbaren kann.

In Verbindung mit diesem Gegenstand ist zu bemerken, dafs wenn Ihr fundamentaler Satz von der Umwandelbarkeit der Wärme in mechanischen Effect, den auch Hr. Rankine annimmt, richtig ist, eine Wassermenge, die vom Frostpunkt aus auf eine höhere Temperatur gebracht, und bei dieser Temperatur in gesättigten Dampf verwandelt wird, den man nun durch eine kleine Oeffnung der Ausdehnung überläfst, so dafs er all sein „Werk" in Reibung verwendet, dieser Dampf im ausgedehnten Zustand die „Gesammtwärme" besitzen mufs, welche ihm gegeben worden war; läfst man ihn dagegen so ausdehnen, dafs er einen Stempel gegen eine widerstehende Kraft fortschiebt, so wird er im ausgedehnten Zustand um den entsprechenden Betrag des entwickelten mechanischen Effects weniger als die gesammte Wärme enthalten. Ist der oben erwähnte Satz des Hrn. Rankine richtig, so mufs dieser Betrag gröfser seyn, als der von Regnault gemessene Betrag der Abweichung vom Watt'schen Gesetz; und er mufs folglich ein sehr bedeutender Antheil der gesammten Wärme

seyn, statt dafs, glaube ich, alle Experimentatoren, ausgenommen Sie, ihn bisher für unwahrnehmbar gehalten haben.

In dem Paragraph, der auf den eben erwähnten folgt, bemerkt Hr. Rankine „es giebt bisjetzt noch keinen experimentellen Beweis von dem vorstehenden Satz. Freilich hat man bei nicht-condensirenden Dampfmaschinen gefunden, dafs der entweichende Dampf sich immer auf der dem Druck entsprechenden Sättigungstemperatur befindet und eine Portion Wasser im flüssigen Zustand mit sich führt, allein es ist unmöglich das durch Verdichtung des Dampfs entstandene Wasser von dem mechanisch aus dem Dampfkessel übergeführten zu unterscheiden". Die Umstände, unter welchem der Dampf durch die verschiedenen Theile einer nicht-condensirenden Maschine geht, sind sicher sehr complicirt. Selbst da, wo kein Wasser „mechanisch aus dem Kessel übergeführt wird" können wir aus der Thatsache, dafs der Dampf feucht und bei 212° aus der grofsen Dampfröhre hervortritt, nicht auf die Richtigkeit des Rankine'schen Satzes schliefsen, weil diefs aus dem äufsern Wärmeverlust des Cylinders, der Röhren u. s. w. erklärt werden könnte, und ebenso können wir, wenn man den Dampf in irgend einem Falle trocken und bei einer Temperatur über 212° aus der Dampfröhre hervorströmen sieht, nicht auf die Unrichtigkeit des Rankine'schen Satzes folgern, es sey denn, man wüfste, das Expansionsprincip wäre bei dem Spiel der Maschine bis zum Aeufsersten getrieben. Sicher ist jedoch, dafs wenn Hrn. Rankine's Satz richtig ist, der Dampf, nachdem er durch eine Hochdruckmaschine gegangen, in welcher das Expansionsprincip bis aufs Aeufserste getrieben ist, aus der grofsen Dampfröhre mit der Temperatur 212° und feucht (und also die Hand verbrühend) austreten wird, es mag in den verschiedenen Theilen der Maschine ein Wärmeverlust nach aufsen stattfinden oder nicht; und betrachtet man Regnault's Abänderung des Watt'schen Gesetzes als festgestellt, so ist gewifs, dafs der Dampf, welcher aus einem

Hochdruckkessel unmittelbar in offene Luft ausströmt, wärmer als 212° und trocken ist.

Die Demonstration, welche Hr. Rankine giebt, beruht zum Theil auf gewissen Hypothesen in Betreff der specifischen Wärmen der Gase und Dämpfe. Allein aufser diesem Satz folgert er aus derselben Untersuchung noch einen andern, welcher durch Regnault's Modification des Watt'schen Gesetzes experimentell bestätigt wird; und, wie leicht zu ersehen, läfst sich folglich, wenn wir uns begnügen Regnault's Resultat als ein experimentelles Factum zu betrachten, und wir Ihr mechanisches Aequivalent für eine Wärme-Einheit annehmen (oder Rankine's Werth, welcher etwa $\frac{1}{5}$ des Ihrigen ist), Hr. Rankine's merkwürdiges Theorem beweisen ohne andere Hypothese als die der Umwandelbarkeit von Wärme in mechanischen Effect.

In einem Aufsatz in Poggendorff's Annalen (April und Mai 1850) zieht Hr. Clausius einen ähnlichen Schluſs wie den eben angeführten des Hrn. Rankine (dessen Aufsatz am 4. Februar in der K. Gesellschaft zu Edinburg gelesen ward). Ich war noch nicht im Stande, mich vollständig mit dem Aufsatz bekannt zu machen; allein aus den zu Anfange auseinandergesetzten Principien und Methoden, welche von denen Carnot's nur in der Annahme Ihres Axioms statt des Carnot'schen abweichen, zweifle ich nicht, daſs der Beweis des in Rede stehenden Satzes wesentlich derselbe ist als der von Hrn. Rankine, modificirt in der Weise wie ich es angedeutet habe.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.

1850. ANNALEN No. 12.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXXI.

I. *Ueber das Verhalten krystallisirter Körper zwischen den Polen eines Magneten; von H. Knoblauch und J. Tyndall.*

Zweite Abhandlung [1]).

Es ist bekannt, dafs unkrystallinische, nach einer Richtung verlängerte Körper, zwischen den Polen eines Magneten horizontal aufgehängt, so gedreht werden, dafs sie der Länge nach von Pol zu Pol zeigen, wenn sie *magnetisch*; dagegen einen Winkel von 90 Grad mit der eben bezeichneten Richtung bilden, wenn sie *diamagnetisch* sind. Krystalle nehmen, nach ihrer Beschaffenheit, zwischen den Magnetpolen die verschiedenartigsten Stellungen an, welche von Hrn. Plücker aus dem Gesichtspunkte erklärt worden sind, dafs bei ihnen zu den magnetischen und diamagnetischen Kräften eine neue hinzuträte, welche sich bei den optisch *negativen* Krystallen in Form einer *Abstofsung der optischen Axe*, bei *positiven* als eine *Anziehung* derselben darstellt [2]), eine Kraft, welche von der magnetischen oder diamagnetischen Beschaffenheit der Substanz völlig *unabhängig* sey [3]).

Diesem Princip hat sich eine Reihe von Thatsachen entgegengestellt, deren einige wir bereits in unserer ersten Abhandlung über diesen Gegenstand [4]) besprochen haben.

Eine kreisrunde Scheibe von eisenoxydulhaltigem *Kalkspath*, in deren Ebene die optische Axe lag, drehte sich, als sie horizontal zwischen den Magnetpolen aufgehängt

1) Die erste findet sich in diesen Annalen Bd. 79, S. 233.
2) Diese Ann. Bd. 77, S. 447.
3) Diese Ann. Bd. 72, S. 315, 342.
4) Diese Ann. Bd. 79, S. 233. — *Phil. Mag. Vol.* 36, *p.* 178.

wurde, so, dafs die optische Axe die Verbindungslinie der Pole bildete. Die Kraft, mit der diese Drehung bei dem gedachten Kalkspath geschah, war so grofs, dafs ein vollständiges Rhomboëder desselben, dessen Axe horizontal schwingen konnte, mit dieser von Pol zu Pol gerichtet wurde. Ein unkrystallinisches Rhomboëder, welches, wie der besprochene Krystall, magnetisch ist, hätte sich nicht so gestellt, es würde sich mit seiner längeren Dimension den Polen zugewendet haben. Dieser Einfluſs der Form wurde überwunden, als sich das Kalkspath-Rhomboëder mit seiner optischen Axe den Polen zukehrte.

Wir sehen hier das directe Gegentheil von dem, was nach dem Plücker'schen Gesetz zu erwarten wäre. Der erwähnte, aus kohlensaurer Kalkerde und isomorphem kohlensaurem Eisenoxydul bestehende Kalkspath ist optisch *negativ*. Fände eine Abstofsung der optischen Axe bei ihm statt, so müfste dieselbe bei dem Experiment mit der Scheibe sich von den Polen abwenden, sie müfste dieſs um so energischer thun bei dem Versuch mit dem Rhomboëder, in dem die Wirkung ihrer Abstofsung durch den Einfluſs der Form des magnetischen Körpers unterstützt wurde.

Ein Prisma von *schwefelsaurem Zinkoxyd* nimmt, vertical an einem Ende aufgehängt, eine ganz bestimmte Stellung zwischen den Magnetpolen an. Schneidet man eine Platte aus ihm heraus, senkrecht auf die Linie, welche von Pol zu Pol gerichtet war, und läfst polarisirtes Licht durch sie hindurch gehen, so sieht man die Ringsysteme um die beiden optischen Axen vollkommen symmetrisch entwickelt. Es ist dieſs ein Beweis, dafs der Schnitt senkrecht auf die Linie geführt worden ist, welche den spitzen Winkel zwischen den optischen Axen halbirt. Diese Linie hat bei dem Versuche von Pol zu Pol gestanden.

Ganz dasselbe zeigt ein Prisma von *schwefelsaurer Magnesia*. Auch bei ihr kehrt (wie man sich auf dieselbe Weise überzeugt) die Mittellinie der optischen Axen sich den Magnetpolen zu.

Die äufsere Form der Prismen an sich würde die gedachte Stellung nicht bedingt haben.

Ein Würfel von *Dichroit*, dessen Mittellinie, wie bei den vorigen Versuchen, horizontal schwingen konnte, drehte sich, wie bereits früher [1]) erwähnt, ebenfalls so, dafs diese Linie in die axiale Lage, d. h. die Richtung von Pol zu Pol gebracht wurde.

Schwefelsaures Zinkoxyd, schwefelsaure Magnesia und Dichroit sind negative Krystalle mit zwei optischen Axen. Dem Plücker'schen Princip nach, sollte sich jede dieser Axen, in Folge der auf sie ausgeübten Abstofsung, so weit als möglich von den Magnetpolen zu entfernen suchen. Als Resultat dieses Bestrebens müfste also die Halbirungslinie des von ihnen eingeschlossenen spitzen Winkels aequatorial, d. h. senkrecht gegen die Verbindungslinie der Pole gerichtet werden [2]). Dieser Erwartung ist durch das Experiment widersprochen worden. Anstatt vor den Polen zurückzuweichen, wendet sich die Mittellinie in den beschriebenen Fällen denselben entschieden so nah als möglich zu.

Bergkrystall ist bekanntlich optisch einaxig und *positiv*. Auf seine Axe wird nach der Plücker'schen Betrachtungsweise (statt der bei negativen Krystallen angenommenen Abstofsung) eine Anziehung von den Magnetpolen ausgeübt. Ein entsprechendes Verhalten des Krystalls hat Hr. Plücker auch an einem Experiment wahrgenommen, wie aus der in diesen Annalen Bd. 78, S. 428 enthaltenen Uebersicht der untersuchten Körper hervorgeht. Bei einem früheren Versuche, welcher sehr zweckmäfsig von demselben Verfasser mit einer Bergkrystall-Kugel angestellt worden war, hatte sich gerade das Entgegengesetzte gezeigt [3]). Bei der schwachen Wirkung, welche überhaupt beim Bergkrystall vorhanden ist und geringen Nebenumständen leicht einen überwiegenden Einflufs gestattet, haben auch wir an-

1) Diese Ann. Bd. 79, S. 236.
2) Diese Ann. Bd. 72, S. 331 ff.
3) Diese Ann. Bd. 72, S. 325 ff., 339.

fangs bei einer gröfseren Anzahl von Exemplaren die widersprechendsten Resultate erhalten. Als aber die Reinigung und Aufhängung der Krystalle mit der äufsersten Sorgfalt und Vorsicht ausgeführt wurde, ergab sich bei 10 ein übereinstimmendes Verhalten, nämlich das Bestreben, sich mit der Axe von den Polen abzuwenden. Dabei war ihre Dimension längs der Axe absichtlich verkürzt worden, so dafs die äufsere Form der Krystalle, bei der diamagnetischen Eigenschaft ihrer Substanz, jene Wirkung nicht hervorgebracht haben konnte.

Schwerspath wurde zunächst in derjenigen Form angewandt, welche durch die drei Blätterdurchgänge des Krystalls begränzt wird, einer geraden rhombischen Säule, in welcher die rhombische Grundfläche dem vollkommensten Blätterdurchgange, die rechteckigen Seitenflächen den einander gleichwerthigen, weniger vollkommenen Spaltungsrichtungen entsprechen. Die beiden optischen Axen liegen in einer Ebene, welche den spitzen Winkel der rhombischen Basis halbirt, ihre Mittellinie steht auf der letzteren senkrecht.

Wird eine solche Säule an der scharfen Seitenkante, d. h. so aufgehängt, dafs die Ebene der optischen Axen vertical schwingen kann, so stellt sich diese, wie nach dem Plücker'schen Gesetz zu erwarten, da Schwerspath positiv ist, von Pol zu Pol. Hängt man aber die rhombische Säule an der stumpfen Seitenkante auf, so dafs die optischen Axen horizontal zu liegen kommen, so richtet sich nicht, wie man weiter schliefsen sollte, ihre Mittellinie den Polen zu, sondern entfernt sich vielmehr so weit als möglich von denselben.

Um ganz sicher zu seyn, dafs diese Drehung nicht durch die Form des diamagnetischen Krystalls bedingt werde, gaben wir ihm die eines Cylinders, welcher vertical zwischen den Polen hing, während die Ebene der optischen Axen, dem Vorigen entsprechend, horizontal lag, eine Form, in welcher ein unkrystallinischer Körper gar keine Drehung erfahren haben würde. Auch dieser Cylinder stellte sich

so, dafs die Linie, welche den spitzen Winkel zwischen den optischen Axen halbirt, die aequatoriale Lage annahm.

Ganz ebenso wie Schwerspath verhielt sich *Cölestin*, der dem ersteren in krystallographischer Hinsicht gleicht und, wie jener, optisch zweiaxig und positiv ist. Bei ihm trat derselbe Widerspruch gegen das Plücker'sche Princip auf, als man die rhombische Säule an der stumpfen Kante aufhing, um die optischen Axen horizontal schwingen zu lassen. Ihre Mittellinie stellte sich aequatorial.

Mit noch gröfserer Kraft wurde diese Linie beim *gelben Blutlaugensalze* von den Magnetpolen abgewendet, gleichgültig, ob die Ebene der optischen Axen vertical oder horizontal war. Der Krystall verharrte in der angegebenen Stellung, selbst wenn er rechtwinklich gegen die Mittellinie wohl vier Mal länger als in dieser Richtung, also seine Form, bei dem Diamagnetismus der Substanz, jener Stellung im höchsten Grade ungünstig war. Das gelbe Blutlaugensalz ist optisch zweiaxig und positiv, wie sich aus unserer Untersuchung mittelst polarisirten Lichtes nach dem von Dove angegebenen Verfahren [1]) erwiesen hat.

Nach allen diesen Resultaten erscheint es unmöglich, *den Plücker'schen Satz, wonach die optische Axe bei negativen Krystallen von dem Magneten abgestofsen, bei positiven angezogen werden soll, bei jenen oder diesen aufrecht zu erhalten, sie mögen einaxig oder zweiaxig seyn.*

Es erhellt daraus von selbst, wie gewagt es ist, aus der Stellung der Krystalle zwischen den Magnetpolen die Lage ihrer optischen Axen und in Verbindung mit dem mehr gedachten Satze ihr optisch negatives oder positives Verhalten vorherzusagen, ein Verfahren, welches von Hrn. Plücker empfohlen [2]) und selbst auf undurchsichtige Körper, wie Antimon, Arsenik, Wismuth, Wolfram, Kupferglanz, u. s. w. ausgedehnt worden ist [3]).

1) Diese Ann. Bd. 40, S. 482.
2) Diese Ann. Bd. 72, S. 328.
3) Diese Ann. Bd. 78, S. 428. 429.

Es stehen mit dem Besprochenen einige Facta im engsten Zusammenhange, welche wir noch erwähnen müssen, weil sie Berichtigungen früherer Beobachtungen enthalten.

Topas und *Diopsid* werden von Hrn. Plücker für besonders geeignet zum Nachweis seines Gesetzes in Bezug auf die negativen und positiven Krystalle gehalten [1]). Der erstere ist, nach seiner Angabe an der betreffenden Stelle, *negativ*, der letztere *positiv*. Die beiden optischen Axen des Topas würden sich demnach von den Magnet-Polen zu entfernen suchen, wie auch durch eine frühere Beobachtung des genannten Verfassers bestätigt wird [2]). Freilich sollen die Stellungen des Krystalls dadurch complicirt werden, dafs „die Linie, welche die spitzen Winkel zwischen den optischen Axen halbirt, weder winkelrecht, noch parallel zur Axe des Prismas sey" [3]).

Unter allen Topasen, welche wir zu untersuchen Gelegenheit hatten, hat sich, wie unter den von Brewster [4]) und Dove [5]) geprüften, nicht ein einziger optisch negativer gefunden. Ebenso wenig haben wir uns davon überzeugen können, dafs die Mittellinie der optischen Axen gegen die Axe des Krystalls geneigt sey und wir stimmen auch hierin vollkommen mit Brewster [6]) überein. Die optischen Axen bilden im Topas gleiche Winkel mit dem Hauptblätterdurchgange, welcher der horizontalen Endfläche entspricht. Ihre Mittellinie ist folglich senkrecht gegen diese Fläche, d. h. der Axe des Prismas parallel gerichtet.

Zwischen den Magnet-Polen wiederholten sich anfangs die von Hrn. Plücker beschriebenen Erscheinungen. Eine einfache Drehung des Krystalls um seine horizontal hängende Axe reichte bisweilen hin, seine ganze Stellung gegen die Pole zu ändern. Aber bei verschiedenen Exem-

1) Diese Ann. Bd. 77, S. 447.
2) Diese Ann. Bd. 72, S. 329. 330.
3) Diese Ann. Bd. 77, S. 447.
4) Brewster, *Double Refraction and Polarisation of Light. p.* 26.
5) Diese Ann. Bd. 40, S. 483, 484.
6) Brewster, *A treatise on Optics p.* 204.

plaren war keine Uebereinstimmung wahrzunehmen. Es bedurfte eines anhaltenden Kochens mit Chlorwasserstoffsäure und der sorgfältigsten anderweitigen Reinigung, um ein gleiches Verhalten aller (5 sächsischer und 2 brasilianischer) zu bewirken. Dieſs bestand endlich darin, dafs sich *das Prisma mit seiner Axe jedesmal von Pol zu Pol* stellte, wie der Krystall auch um dieselbe gedreht werden mochte, und selbst in Fällen, in welchen diese Dimension die auf ihr senkrechte um das $1\frac{1}{2}$fache übertraf, also die äufsere Gestalt des diamagnetischen Körpers jener Stellung entgegenwirkte.

Bei Versuchen so feiner Art, wie die mit Topas, Schwerspath und Cölestin sind, kann nicht vorsichtig genug verfahren werden. Der Faden, an dem wir diese Krystalle aufhingen, hatte bei 1 Fufs Länge, nur $\frac{1}{2500}$ Zoll Dicke, d. h. einen Durchmesser gleich dem achten Theil einer Haaresbreite. Das Wachs, dessen man sich in der Regel zur Befestigung der Körper an dem Faden bedient, darf nie von den Polen oder irgend welchen Körpern, die mit Eisen zusammengekommen, berührt werden, und mufs erneuert werden, wenn dieſs durch Zufall geschehen ist. Seine Menge darf nur eben ausreichen, den Krystall zu tragen; dabei mufs das Stück rund geformt seyn, um an sich nicht das geringste Drehungsvermögen zu besitzen.

Diopsid fanden wir, wie Dove [1]), der obigen Angabe entgegen, negativ. Bei den obigen Versuchen, welche mit einem Würfel des genannten Krystalls angestellt wurden, *entfernten sich seine optischen Axen von den Polen.* Auffallend ist es, dafs in einer neuern Abhandlung Hrn. Plücker's [2]), Topas auch von ihm unter den positiven, Diopsid unter den negativen Krystallen aufgeführt wird.

Schwefelsaures Nickeloxyd und *Borax* werden von Brewster [3]) als optisch positiv bezeichnet. Die uns zu Gebote stehenden Exemplare erwiesen sich bei einer Untersuchung

1) Diese Ann. Bd. 40, S. 484.
2) Diese Ann. Bd. 78, S. 429.
3) *Double Refraction and Polarisation of Light p.* 26.

mittelst circular polarisirten Lichtes nach der von Dove aufgestellten Methode [1]) als *negativ*. Bei beiden richtete sich die Mittellinie der optischen Axen entschieden *aequatorial*.

Sonach würden Topas, Diopsid schwefelsaures Nickeloxyd und Borax den besprochenen Satz zu bestätigen scheinen, ebenso wie die in der That zahlreichen Beispiele, welche Hrn. Plücker bewogen, für ein allgemeines Gesetz zu halten, was nur die Regel in dem Auftreten der von ihm untersuchten Krystalle war: ein Schlufs, der (wie wir bereits gesehen) in der ihm gegebenen Ausdehnung durch die Erfahrung nicht gerechtfertigt worden ist.

Es schien von Interesse, *das Verhalten diamagnetischer und magnetischer Körper bei ähnlichen Naturverhältnissen* mit einander zu vergleichen.

1. Im *Topas* wie im *Beryll* ist bekanntlich die Hauptspaltungsrichtung der horizontalen Endfläche parallel. Hängt man Würfel dieser Krystalle zwischen den Magnetpolen so auf, dafs der Hauptblätterdurchgang sich vertical befindet, so richtet er sich beim Topas, welcher *diamagnetisch* ist, parallel der sogenannten *aequatorialen* Ebene, d. h. senkrecht auf die Verbindungslinie der Pole; beim *magnetischen* Beryll aber nimmt er die *axiale* Stellung, d. h. eine Richtung von Pol zu Pol an.

2. *Schwefelsaures Zinkoxyd* und *schwefelsaure Magnesia* haben gleiche Krystallform mit dem *schwefelsauren Nickeloxyd*. Werden sie zwischen den Polen mit ihrer einzigen Spaltungsrichtung, welche der Axe des Prismas parallel ist, vertical aufgehängt, so stellt sich diese Spaltungsrichtung bei den erst genannten *diamagnetischen* Krystallen *aequatorial*, bei dem letzteren *magnetischen*, *axial*.

3. *Salpeter* und *Skapolith* gleichen einander darin, dafs ihre beiden Spaltungsrichtungen der Axe ihrer Prismen parallel sind. Diese Axe wird, wenn man sie horizontal zwischen den Polen schwingen läfst, bei dem *diamagnetischen* Salpeter in die *aequatoriale*, beim *magnetischen* Ska-

1) Diese Ann. Bd. 40, S. 457, 482.

polith in die *axiale* Lage gedreht. Es versteht sich von selbst, dafs auch in diesen, wie in allen bisher betrachteten Fällen, dafür gesorgt war, dafs die gedachte Stellung nicht durch die äufsere Form der angewandten Krystalle bedingt wurde.

4. *Irländischer Doppelspath* und *Eisenglanz* sind rhomboëdrisch. Hängt man sie dergestalt auf, dafs ihre krystallographische Axe horizontal ist, so wird bei dem *diamagnetischen* (aus reiner kohlensaurer Kalkerde bestehenden) Kalkspath diese Axe *aequatorial*, beim *magnetischen* Eisenglanz *axial* gerichtet.

Wir halten uns, auf Grund dieser Thatsachen [1]) (denen wir weiter unten noch andere hinzufügen werden) zu dem Schlusse berechtigt, dafs *dieselbe Richtung, welche in irgend einem rein diamagnetischen Krystall sich senkrecht auf die Verbindungslinie der Magnetpole einstellt, bei einem rein magnetischen Körper von gleicher krystallinischer Structur den Polen sich zuwendet.*

Demgemäfs sind wir davon überzeugt, dafs überhaupt die eigenthümliche, von der äufseren Form nicht bedingte Stellung eines Krystalls zwischen den Magnetpolen nicht, wie Hr. Plücker [2]) meint, einer „von der magnetischen und diamagnetischen Beschaffenheit der Materie unabhängigen Wirkung" zuzuschreiben sey, sondern dafs sie vielmehr ganz wesentlich durch jene bestimmt werde.

Es liegt eine Bestätigung hiervon auch in dem Verhalten solcher Krystalle, deren Substanz *aus diamagnetischen und magnetischen Bestandtheilen gemischt* ist.

Während nämlich (nach dem Obigen) ein Rhomboëder aus *reiner kohlensaurer Kalkerde*, welche diamagnetisch ist, zwischen den Polen seine horizontal schwingende Axe in die aequatoriale Lage dreht, kehrt ein Kalkspath, in wel-

1) Von denen vorzugsweise die unter 2) und 4) mitgetheilten Fälle in Betracht kommen, da bei ihnen nicht allein ähnliche Blätterdurchgänge (wie in den unter 1) und 3) aufgeführten Beispielen) sondern in der That gleiche Krystallformen vorhanden sind.

2) Diese Ann. Bd. 72, S. 315. 342.

chem neben dem kohlensauren Kalk eine gewisse Menge isomorphen magnetischen *kohlensauren Eisenoxyduls* enthalten ist, seine Axe den Polen zu. Aber die Kraft, mit der dieſs geschieht, ist unbedeutend, wenn die Menge des Eisenoxyduls im Vergleich mit der der Kalkerde eine verhältniſsmäſsig geringe ist, weil für das Endresultat in diesem Falle nur die Differenz zweier Kräfte entscheidet, der Wirkungen, welche die Pole auf ein diamagnetisches und ein dasselbe gleichsam durchdringendes magnetisches Rhomboëder ausüben. *Dolomit* enthält neben kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia in der Regel Eisenoxydul und Manganoxydul genug, um seine Axe von Pol zu Pol zu richten. Noch verschiedener ist dieſs beim *Breunerit* der Fall, in dem die diamagnetische kohlensaure Kalkerde fehlt. Die Kraft der Einstellung in dem bezeichneten Sinne wächst im Vergleich mit dem Vorigen, bei Anwendung von *Spatheisenstein,* in dem die diamagnetischen Bestandtheile gegen das kohlensaure Eisenoxydul fast ganz verschwinden. Bei reinem Eisenoxyd endlich ist die Kraft, mit welcher die Axe des Rhomboëders von Pol zu Pol gerichtet wird, so groſs, daſs der Rest von Magnetismus, welcher bei geöffneter Kette im Elektromagneten zurückbleibt, ausreicht, einen *Eisenglanz*-Krystall gewaltsam in jene Lage zu drehen, auch wenn die Ausdehnung dieses magnetischen Körpers längs der Axe nur $\frac{1}{15}$ bis $\frac{1}{20}$ seiner Dimension in der darauf senkrechten Richtung beträgt.

So wird diejenige Linie, welche in einem *diamagnetischen* Krystall zwischen den Polen die *aequatoriale* Lage annimmt, mit desto *gröſserer Kraft* in die *axiale* Stellung gedreht, je mehr die diamagnetischen Bestandtheile des Krystalls durch *isomorphe magnetische* ersetzt werden.

Wir erwähnen bei dieser Gelegenheit der Verschiedenheiten, welche bei Hrn. Faraday's und Hrn. Plücker's Beobachtungen am *Antimon* aufgetreten sind. Das von Hrn. Faraday[1]) untersuchte stellte sich, wenn sein Hauptblätterdurchgang vertical war, mit diesem aequatorial, das

1) *Lond. Philos. Transact. f.* 1849 *Part I. p.* 13—17.

von Hrn. Plücker [1]) angewandte dagegen axial. Unter den uns zu Gebote stehenden Exemplaren zeigten einige das erstere, andere das letztere Verhalten. Vor einem einzigen Pole aufgehängt wurden alle, wie diamagnetische Körper, ihrer ganzen Masse nach abgestofsen. Die Krystalle wurden der chemischen Analyse unterworfen. Diejenigen, welche Hrn. Faraday's Beobachtung bestätigten, waren vollkommen rein, die mit Hrn. Plücker's Beobachtung übereinstimmenden enthielten eine geringe Menge von Eisen. Es ist mehr als wahrscheinlich, dafs von dieser Menge, wenngleich sie eine Anziehung des ganzen Stücks vor einem Pole nicht bewirken konnte, die Drehung in die axiale Lage zwichen den Magnetpolen herrührte.

In Bezug auf die *Erklärung* des Verhaltens, welches die Krystalle in ihrer Stellung zwischen den Magnetpolen charakteristisch von unkrystallinischen Substanzen unterscheidet, haben wir bereits in unserer ersten Abhandlung über diesen Gegenstand [2]) darauf hingewiesen, dafs es ausreichend sey, eine *Ungleichheit der diamagnetischen Wirkung nach verschiedenen Richtungen* in einem *diamagnetischen*, eine *Ungleichheit des Magnetismus* in einem *magnetischen* Krystall anzunehmen. Es fragte sich weiter, auf welchen Umstand eine solche Verschiedenheit der Wirkung in einem und demselben Körper zurückzuführen sey. Bei den vielfachen Beziehungen, welche wir zwischen der Stellung der Krystalle und ihrer Structur wahrgenommen hatten, lag die Vermuthung nahe, dafs die bezeichnete Ungleichheit der diamagnetischen oder magnetischen Wirkung nach verschiedenen Richtungen nur den eigenthümlichen *Aggregationsverhältnissen der materiellen Theile* in den Krystallen zuzuschreiben sey.

Wir wurden in dieser Ansicht bestärkt durch die Beobachtung, dafs Krystalle in Form von *Pseudomorphosen*, in denen sich die äufsere Structur bei geänderten Bestandtheilen erhalten hatte, noch ganz dasselbe Verhalten zwi-

1) Diese Ann. Bd. 76, S. 577. 578.
2) Diese Ann. Bd. 79, S. 238 ff.

schen den Magnetpolen zeigten, wie derjenige, welchem die ursprüngliche Form angehörte. So stellte sich z. B. ein künstlicher *Eisenkies*, welcher sich durch Reduction von kohlensaurem Eisenoxydul mittelst Schwefelwasserstoff gebildet hatte, und ein künstlicher *Magneteisenstein*, der durch Rösten aus demselben Körper entstanden war, noch ganz ebenso wie ein Rhomboëder von *Spatheisenstein*, aus welchem diese umgewandelten Krystalle dargestellt waren. Die Axe des Rhomboëders kehrte sich den Polen zu und zwar (in vollkommener Uebereinstimmung mit allem Früheren) mit um so gröfserer Kraft als die magnetische Beschaffenheit der Bestandtheile, mit ihrer Umwandlung zugenommen hatte.

In dem Umstande, dafs krystallisirte Metalle (nach Hrn. Faraday's Beobachtung [1]) beim Schmelzen ihre richtende Kraft verlieren, liegt ferner ein Beweis, wie eng ihre Stellung zwischen den Polen an die krystallinische Structur gebunden ist.

Ueber die *Art und Weise der magnetischen Wirkung* in allen diesen Fällen gewannen wir eine Vorstellung durch eine Reihe von Versuchen, von denen wir hier nur folgende hervorheben wollen.

Wird aus dem feinen Pulver eines rein diamagnetischen [2]) Körpers, z. B. *Mehl*, dessen Theilchen leicht an einander haften, wenn ihm eine Spur von Gummi-Wasser beigemengt ist, ein kleiner vierkantiger Stab gebildet, so stellt sich dieser, horizontal zwischen den Magnetpolen aufgehängt, natürlich aequatorial. Drückt man ihn, in der Richtung seiner gröfseren Ausdehnung so weit zusammen, dafs das Parallelepipedon in einen Würfel übergeht, so stellt sich dieser zwischen den Polen so ein, dafs die Rich-

1) *Philos. Transact. f.* 1849 *Part. I. p.* 27.

2) Ob ein Körper *diamagnetisch* oder *magnetisch* ist, läfst sich am besten ermitteln, wenn man ihn an einem feinen Faden vor einem oder besser vor zwei zugespitzten Polen, die sich fast berühren, aufhängt. Wird er von diesen, bei Erregung des Elektromagneten durch Schliefsen des galvanischen Stromes, seiner ganzen Masse nach *abgestofsen*, so ist er *diamagnetisch*, wird er *angezogen*, *magnetisch*.

tung, in welcher die Zusammendrückung stattgefunden hat, die aequatoriale Lage annimmt. Dieſs ist selbst dann noch der Fall, wenn die Zusammendrückung in demselben Sinne, wie zuvor, so weit fortgesetzt worden, daſs aus dem Würfel eine dünne Platte entstanden ist. Es tritt hier die Erscheinung auf, daſs eine rein *diamagnetische*, unkrystallinische Scheibe, deren jedes Theilchen vom Magneten abgestoſsen wird, sich zwischen den Polen so dreht, als ob sie von denselben angezogen würde. Aber diese Erscheinung erklärt sich von selbst. Die diamagnetische Wirkung ist in derjenigen Richtung, in welcher die materiellen Theile des Körpers durch das Pressen einander näher gerückt worden sind, gröſser geworden. Ihr zufolge sucht sich die Reihe der in der Richtung liegenden Theilchen vorzugsweise von den Polen zu entfernen. Demgemäſs stellt die Ebene der Scheibe sich von Pol zu Pol. Ein nicht comprimirter homogener Würfel aus derselben Substanz zeigte keine richtende Kraft.

Wurde dem Mehl fein gepulvertes *kohlensaures Eisenoxydul* (welches bekanntlich magnetisch ist) beigemischt, so stellte sich ein aus dem Gemenge gebildeter Stab axial. Drückte man ihn aber auf die angegebene Weise zusammen, so nahm die entstehende Platte eine aequatoriale Lage an. Derselbe Versuch lieſs sich mit reinem kohlensaurem Eisenoxydul anstellen. Wir sehen hier den Fall eintreten, daſs eine *magnetische* Scheibe ohne krystallinische Structur, deren Masse durchweg vom Magneten angezogen wird, zwischen den Polen eine Drehung erleidet, welche einer Abstoſsung gleicht. Diese Erscheinung beruht einfach darauf, daſs die magnetische Wirkung in derjenigen Richtung, in welcher die Theile einander genähert wurden, verstärkt worden ist, und daſs die überwiegende Anziehung in diesem Sinne die bezeichnete Stellung der Scheibe bewirkt.

Aus den mitgetheilten Beobachtungen glauben wir schlieſsen zu dürfen, daſs überhaupt *in diamagnetischen wie in magnetischen Körpern, deren Theile nicht nach allen Seiten*

hin gleich weit von einander abstehen, die (diamagnetische oder magnetische) Wirkung, welche sich an ihnen zwischen den Polen kund giebt, immer in der Richtung am stärksten ist, in welcher die materiellen Theile am nächsten bei einander sind.

Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, verfertigten wir aus einem Pulver von chemisch reiner *kohlensaurer Kalkerde*, dem als Bindemittel etwas Gummiwasser hinzugefügt und das (während des Trocknens) in einem Schraubstock nach einer Richtung stark zusammengepreſst worden war, ein Rhomboëder von der Form des Kalkspaths mit der Rücksicht, daſs die Axe dieses Rhomboëders mit derjenigen Richtung zusammenfiel, in welcher die Theile des kohlensauren Kalks beim Zusammendrücken einander genähert worden waren.

Wurde ein solcher Körper zwischen den Magnetpolen dergestalt aufgehängt, daſs die bezeichnete Axe horizontal war, so richtete er sich mit dieser, wie der diamagnetische Kalkspath selbst, aequatorial. *Ueberhaupt war, bei der gedachten Aufhängung, sein Verhalten zwischen parallelepipedischen oder conischen, nahen wie fernen Polen durch Nichts von dem eines Kalkspaths-Krystalls unterschieden.*

Ganz auf dieselbe Weise wie mit der kohlensauren Kalkerde verfuhren wir mit *Eisenoxyd*. Aus einem, mit etwas Gummiwasser versetzten Pulver desselben, das während des Trocknens einem vorherrschenden Druck nach einer Richtung ausgesetzt gewesen war, wurde ein Rhomboëder in Gestalt des Eisenglanzes gebildet, wobei wieder die Richtung, in welcher die Theilchen beim Druck einander am nächsten gebracht waren, zur Axe genommen wurde. Ein solches Rhomboëder kehrte sich unter dem Einfluſs des Magneten, wenn seine Axe horizontal schwingen konnte, mit dieser, wie ein magnetischer Krystall von Eisenglanz, den Polen zu. *Ueberhaupt waren alle seine Stellungen, bei der bezeichneten Aufhängung, mit denen eines Eisenglanzrhomboëders identisch, in welcher Form oder Entfernung die Pole auch wirken mochten.*

Auch complicirtere Erscheinungen als diese, z. B. die, welche *Schwerspath* darbietet, liefsen sich auf ähnliche Weise durch Modelle nachahmen.

Es ist bereits oben bemerkt worden, dafs sich eine rhombische Säule dieses Krystalls, in horizontaler Lage an der *scharfen* Seitenkante aufgehängt, *axial*, dagegen bei der Aufhängung von der *stumpfen* Seitenkante *äquatorial* richtet. Ist die Säule vertical, so stellt sich die durch die stumpfen Kanten gelegte Ebene *äquatorial*.

Denken wir uns durch den Krystall drei auf einander rechtwinklige Linien gelegt, die eine in der Richtung der krystallographischen Axe der Grundform, d. h. parallel den vier Seitenkanten der rhombischen Säule, die zweite im Sinne der langen, die dritte in der Richtung der kurzen Diagonale der rhombischen Basis, so hat sich aus den beschriebenen Stellungen des Schwerspaths schon ergeben, dafs die diamagnetische Wirkung in ihm nach diesen drei Richtungen eine ungleiche sey. Das Verhältnifs dieser Wirkungen näher kennen zu lernen, hat man zu bedenken, dafs, wenn eine jener Linien als verticale Drehungsaxe angenommen wird, nur die Wirkung in den beiden andern, welche alsdann horizontal liegen, eine richtende Kraft auf den Krystall ausüben kann. Die Richtung nun, in welcher die Wirkung überwiegt, wird sich, da wir es mit einem diamagnetischen Körper zu thun haben, äquatorial stellen.

Hiernach ergiebt das Verhalten des Schwerspaths zwischen den Magnetpolen in den drei bezeichneten Fällen, in denen zuerst die lange, sodann die kurze Diagonale, endlich die krystallographische Axe vertical war:

1. Die diamagnetische Wirkung ist parallel der kurzen Diagonale gröfser als längs der Axe. Denn der Krystall stellt sich, wenn nur diese beiden Richtungen für seine Drehung in Betracht kommen, mit der kurzen Diagonale äquatorial.

2. Der Diamagnetismus längs der Axe ist stärker als der im Sinne der langen Diagonale. Denn der Krystall

dreht sich, wenn die Wirkung in diesen Richtungen sich geltend macht, mit der Axe aequatorial.

3. Die diamagnetische Wirkung nach der kurzen Diagonale übertrifft die in der langen. Denn unter dem Einfluſs dieser beiden wird der Krystall mit der kurzen Diagonale aequatorial gerichtet. Es liegt hierin zugleich eine directe Bestätigung des Schlusses, welcher schon aus den ersten beiden Sätzen gezogen werden konnte [1]).

Wir preſsten einen Teig von *Wismuthpulver* zwischen Glasplatten in zwei auf einander senkrechten Richtungen mit ungleicher Kraft, und bildeten aus dieser diamagnetischen Masse eine rhombische Säule so, daſs ihre kurze Diagonale dem Sinne der gröſseren, ihre Axe dem der geringeren Zusammendrückung entsprach, während die lange Diagonale mit derjenigen Richtung zusammenfiel, nach der kein Druck ausgeübt worden war. Zwischen den Magnetpolen *waren die Stellungen dieser Säule denen eines Schwerspath-Krystalls vollkommen gleich, sie mochte horizontal an der scharfen oder stumpfen Seitenkante oder vertical aufgehängt worden seyn.*

Sonach ist es an diesem wie an den vorigen Beispielen durch das Experiment erwiesen, daſs eine nach verschiedenen Richtungen *ungleiche Anordnung der materiellen Theile* in den Körpern, zwischen den Magnetpolen, diejenigen Erscheinungen herbeiführen können, welche wir an Krystallen eintreten sehen. Es ist aber eine solche ungleiche Aggregation, auf Grund vieler anderer Thatsachen in der Physik, in den Krystallen bereits angenommen. Mithin wird es gerechtfertigt erscheinen, auch hier an ihr fest-

1) Um diese Bestimmungen vor jedem Nebeneinfluſs der äuſseren Form des Krystalls zu sichern, beobachteten wir (auſser den Stellungen, welche der Schwerspath in Säulenform annahm) auch die Drehung, welche drei Cylinder aus demselben Krystall erfuhren, die, der Reihe nach, vertical zwischen den Polen aufgehängt wurden und bei deren einem die Richtung der langen, beim zweiten die der kurzen Diagonale, beim dritten die krystallographische Axe zur Axe genommen waren. Ihre Stellung zwischen den Magnetpolen bestätigte die obigen Angaben.

festzuhalten und auf sie jene neue Klasse von Erscheinungen zurückzuführen, deren keine, nach dem jetzigen Standpunkt der Erfahrung, dieser Erklärung entgegensteht.

Es würde hiermit zugleich ein *neuer Anhaltspunkt für die Ermittlung der Aggregationsverhältnisse* selbst gewonnen seyn, wie aus den mitgetheilten Beispielen am Kalkspath, Eisenglanz und Schwerspath und den ihnen entsprechenden künstlich nachgebildeten Körpern hinreichend ersichtlich seyn wird.

Nach dem Vorstehenden mufs die Annahme einer „neuen optomagnetischen Kraft“ [1]), wie sie von Hrn. Plücker bisher zur Erklärung des Verhaltens krystallisirter Körper zwischen den Magnetpolen vorausgesetzt wurde, als unnöthig erscheinen. Es fallen damit auch ihre näheren Bestimmungen, z. B. die Angabe, dafs „sie mit der Entfernung langsamer abnehme als die von den Polen aus auf den Krystall wirkenden magnetischen oder diamagnetischen Kräfte“ [2]).

Diese Eigenschaft war ihr namentlich deshalb zugeschrieben worden, um die eigenthümlichen Stellungen gewisser Krystalle, z. B. eines magnetischen Turmalins, in verschiedenem Abstande von den Polen erklären zu können. Ein horizontal hängendes Prisma desselben wird nämlich zwischen nahen Polspitzen axial, zwischen fernen aequatorial gerichtet. Es sollte diefs davon herrühren, dafs im ersten Falle die magnetische Anziehung, im letzteren die (von der bezeichneten Kraft ausgeübte) „abstofsende Wirkung der Magnetpole auf die Axenrichtung“ [3]) überwiege.

Ein Stab aus einem magnetischen Pulver, dessen Theile senkrecht auf seine Längendimension näher an einander gerückt sind als in dieser, verhält sich aber unter übrigens gleichen Umständen genau wie der Turmalin.

Eine Untersuchung des magnetischen Feldes zwischen den Polen (mittelst Eisenfeilspähnen) überzeugte uns, dafs

1) Diese Ann. Bd. 72, S. 319. Bd. 77, S. 448.
2) Diese Ann. Bd. 72, S. 315, 321, 322, 342.
3) Diese Ann. Bd. 72, S. 318 ff. Bd. 76, S. 576.

eine sehr starke Wirkung in unmittelbarer Nähe der conischen Spitzen vorhanden ist, dafs dieselbe aber aufserordentlich schnell mit der Entfernung abnimmt. Kommt nun ein Theil, z. B. ein Ende des aufgehängten magnetischen Körpers, in den Bereich jener Wirkung, so wird er mit grofser Kraft angezogen. Demgemäfs stellt sich der ganze Stab, bei *nahen* Polen, *axial*. *Entfernt* man die letzteren aber, so dafs ihr überwiegender, localer Einfluſs auf die Endpunkte des Körpers im Vergleich mit dem auf seine übrige Masse verschwindet, so macht die ungleiche Aggregation in dieser sich geltend und es treten die Wirkungen ein, welche wir bereits kennen gelernt haben: der magnetische Körper stellt sich mit der Richtung, in welcher seine Theile am nächsten bei einander sind, von Pol zu Pol, er richtet sich demnach in dem vorliegenden Beispiel mit seiner Längendimension *aequatorial*.

Das Letztere erfolgte auch bei *nahen parallelepipedischen* Polen, wenn das Turmalinprisma oder der erwähnte Stab mitten zwischen ihnen aufgehängt wurde, ein neuer Beweis, dafs es bei diesen Erscheinungen nicht auf die bloſse Entfernung der Pole von den betreffenden Körpern ankam. Ueberdiefs ergab eine directe Untersuchung des magnetischen Feldes in obiger Weise, dafs in diesem Falle (wie bei fernen Polen) eine fast gleichmäfsige (nur verstärkte) Wirkung auf den ganzen eingeschalteten Körper ausgeübt wurde, ein Umstand, der uns auch bestimmte, bei den oben beschriebenen Versuchen mit Krystallen stets parallelepipedische Pole anzuwenden.

Die *Hauptresultate* unserer Untersuchung lassen sich nach dem Mitgetheilten in folgende Sätze zusammenfassen.

1. Der Plücker'sche Satz, wonach die Stellung der optisch negativen Krystalle zwischen den Magnetpolen auf eine Abstofsung, der positiven Krystalle auf eine Anziehung der optischen Axe zurückgeführt wird, kann weder bei jenen, noch bei diesen aufrecht erhalten werden, sie mögen einaxig oder zweiaxig seyn.

2. Dieselbe Richtung, welche in irgend einem rein

diamagnetischen Krystall sich senkrecht auf die Verbindungslinie der Magnetpole einstellt, wendet sich bei einem rein magnetischen Körper von gleicher krystallinischer Struktur den Polen zu.

3. In Körpern, deren Theile nicht nach allen Seiten hin gleich weit von einander abstehen, ist die diamagnetische oder magnetische Wirkung, welche sich an ihnen zwischen den Polen kund giebt, immer nach der Richtung am stärksten, in welcher die materiellen Theile am nächsten bei einander sind.

4. Alle bisjetzt bekannten Erscheinungen, welche die Krystalle in ihrem Verhalten zwischen den Magnetpolen von den unkrystallinischen Körpern unterscheiden, lassen sich auf bisherige Annahmen über die nach verschiedenen Richtungen ungleiche Aggregation ihrer materiellen Theile zurückführen [1]).

II. *Ueber das Gesetz, nach welchem die Einwirkung der Säuren auf den Rohrzucker stattfindet; von Ludwig Wilhelmy in Heidelberg.*

(Schluſs von S. 428.)

C. Einfluſs der Quantität der Säure und des Lösungsmittels.

Versuche, bei denen ich die Menge der auf den Zucker einwirkenden Säure veränderte, lieſsen mich bald erkennen

1) Im Begriff, den vorstehenden Bericht abzusenden, erhalten wir die Abhandlung der HH. Plücker und Beer: Ueber die magnetischen Axen der Krystalle und ihre Beziehung zur Krystallform und zu den optischen Axen. (Diese Ann. Bd. 81, S. 115). Wir behalten uns vor, die von den unserigen abweichenden Ansichten der Verfasser bei einer späteren Gelegenheit zu besprechen.

dafs die Gröfse $\frac{lZ_0 - lZ}{T} = MS$ nicht S proportional, sondern schneller als dieses zunimmt. Andererseits nahm ich auch wahr, wie diefs vorauszusehen ist, dafs der Werth jener Differenz wächst mit abnehmender Verdünnung der Flüssigkeit, also mit abnehmender Menge des Lösungsmittels, des Wassers. Setzte ich aber M, den Umwandlungs-Coëfficienten $= \frac{M}{w}$, mit w das Gewicht des Wassers in Grammen bezeichnend, so ergab sich zwar eine annähernde, doch nicht vollkommene Uebereinstimmung mit den Versuchen, und zwar waren die Abweichungen ihrem Sinne nach so entschieden, dafs ich sie trotz ihres geringen Betrages Ungenauigkeiten der Beobachtung nicht wohl zuschreiben konnte. Zahlreiche Wiederholungen meiner Versuche liefsen mich indefs erkennen, dafs der vollkommene Ausdruck für M seyn müsse: $M = \frac{ma^{\frac{s}{w}}}{w}$, durch a eine für die verschiedenen Säuren verschiedene Constante bezeichnend. Die Richtigkeit dieser Annahme mag aus den nachfolgend mitgetheilten Resultaten erhellen, welche zugleich zur Bestimmung der Werthe von a benutzt worden sind. Es wurden nämlich die aus den Beobachtungen jeder einzelnen Reihe erhaltenen Werthe für $M = ma^{\frac{s}{w}}$ mit einander combinirt, wobei, da die Mischungen jeder einzelnen Reihe während der ganzen Dauer des betreffenden Versuchs denselben Temperatureinflüssen unterworfen gewesen waren, m — eine noch näher zu bestimmende Function der Temperatur — für jede combinirte Gruppe constant angenommen werden mufste.

Aus sämmtlichen für jede der drei Säuren erhaltenen Werthen von $\log a$ wurden die arithmetischen Mittel genommen, und so gelangte man zu folgenden Zahlen:

für Salzsäure	$\log a = 4{,}09170$
für Salpetersäure	$\log a = 2{,}8222$
für Schwefelsäure	$\log a = 2{,}2243$
für Phosphorsäure	$\log a = 0{,}41551.$

Unter S ist immer die Menge der wasserfreien Säure in Grammen ausgedrückt zu verstehen. — Indem man sodann diese Werthe in die verschiedenen Gleichungen $M = ma^{\frac{s}{w}}$ substituirte, erhielt man für jede Versuchsreihe eine der Zahl der Beobachtungen entsprechende von Werthen für m, aus welchen ebenfalls das Mittel genommen wurde. So ergab sich:

für Salzsäure:	Versuchsreihe	I.	$m = 2{,}118$	$t = 17°$
	»	II.	$m = 1{,}521$	$t = 17°$
	»	III.	$m = 1{,}681$	$t = 16°{,}5$
	»	IV.	$m = 1{,}579$	$t = 16°{,}5$
für Salpetersäure:	»	I.	$m = 0{,}9905$	$t = 16°$
	»	II.	$m = 0{,}9905$	$t = 16°$
	»	III.	$m = 1{,}373$	$t = 18°{,}5$
für Schwefelsäure	»	I.	$m = 0{,}7764$	$t = 17°$
	»	II.	$m = 0{,}8508$	$t = 18°$
für Phosphorsäure:	»	I.	$m = 0{,}1752$	$t = 19°{,}57$
	»	II.	$m = 0{,}17103$	$t = 19°{,}25.$

Die Werthe von m nehmen mit der Temperatur zu, wie sich noch näher aus dem Späteren ergeben wird; übrigens ist auf die hier gefundenen Zahlen in dieser Beziehung kein besonderer Werth zu legen, weil die Temperatur nicht gerade streng constant gehalten wurde, was in diesem Falle nicht nöthig war, wo es nur auf ein Sichgleichbleiben der Temperatureinflüsse für sämmtliche, in ein grofses Gefäfs voll Wasser mittlerer Temperatur versenkte Glasröhren, in denen sich die Mischung befand, ankam.

Mit den so bestimmten Werthen von a und m wurde sodann aus der Formel $\log Z_0 - \log Z = \frac{ma^{\frac{s}{w}}}{w} ST$, Z berechnet. Auch hier konnte, wie leicht ersichtlich, der Bequemlichkeit wegen mit Brigg'schen Logarithmen gerechnet werden. Waren die Constanten mit hinreichender Genauigkeit bestimmt, so mufsten, wenn anders die Formel den Vorgang und seine Bedingungen richtig ausspricht, durch diese Rechnung, die unmittelbar aus dem Versuch

mit Hülfe der Gleichung $Z = Z_o - \frac{Z_o - D}{1 + \mu}$ gefundenen Werthe wieder erhalten werden. In wie weit dieſs der Fall sey, wird man aus den Zusammenstellungen für die vier Säuren auf Tabelle V, VI, VII und VIII *) ersehen, wo neben einer Uebersicht der einzelnen Versuchsreihen auch die aus der Beobachtung und aus der Formel berechneten Werthe von Z sich finden. Ich glaube, daſs nur wenige Differenzen zwischen Rechnung und Beobachtung die bei diesem Versuch unvermeidliche Fehlergränze überschreiten. Welcher Art die Fehlerquellen seyen und wie groſs ihr Einfluſs etwa anzunehmen seyn möchte, darüber glaube ich an dieser Stelle einige Bemerkungen einschalten zu müssen. Es können zunächst dabei Fehler unterschieden werden, Fehler des Versuchs und Fehler der Beobachtung. Was die ersteren anbetrifft, so sind etwaige kleine Fehler der Wägung wohl zu vernachlässigen; dagegen ist der Verlust in den Gefäſsen, der, da man mit bestimmten, oft sehr kleinen Wassermengen arbeitet, nicht ganz zu vermeiden ist, gewiſs von merkbarem Einfluſs. Am erheblichsten sind die Differenzen, welche durch Temperatur-Verschiedenheiten entstehen können. Erwärmung der Röhre durch die Hand im Augenblick der Mischung suchte ich zwar möglichst zu vermeiden, überhaupt bei allen einzelnen Versuchen jeder Reihe recht gleichmäſsig zu verfahren; dennoch sind merkbare Störungen und Abweichungen gewiſs nicht ausgeblieben, um so mehr, da kleine Temperaturschwankungen schon so groſse Veränderungen im Werth von m hervorbringen, Differenzen von 5° denselben ungefähr verdoppeln.

Der Fehler der Ablesung ist ein doppelter, der sich im ungünstigen Fall addiren kann, der Fehler bei Bestimmung des Nullpunkts und der Fehler der Ablesung selbst. Bisweilen namentlich in den Nachmittagstunden schwankte der Nullpunkt so, daſs ich nicht im Stande war zuverlässige Beobachtungen anzustellen. Ich habe vor und nach jeder Ablesung den Nullpunkt genommen, um mich wenig-

*) Am Schlusse der Abhandlung.

stens gegen jeden gröfseren Fehler sicher zu stellen. Leider konnte, wegen Mangel eines Nonius, die Ablesung mit meinem Instrument nicht die ganze Schärfe erhalten, deren sie wenigstens in geringen Abständen vom Nullpunkt fähig ist. Eine besondere Fehlerquelle tritt noch bei der Schwefelsäure hinzu durch die Erwärmung beim Mischen mit Wasser. Ich bin zwar in dieser Beziehung mit aller möglichen Vorsicht verfahren; dennoch vermuthe ich, dafs diesem Umstande die etwas gröfseren Abweichungen bei den Versuchen mit dieser Säure zugeschrieben werden müssen. Nach dem Vorerwähnten glaube ich, dafs man einen Fehler von 1°, worin 0°,5 auf die Störungen während der Digestion, 0°,5 auf die Bestimmung des Nullpunkts und der Ablesung zu rechnen wäre, bei diesen Versuchen wird als möglich annehmen müssen. Bei den zur Bestätigung der Formel: $M = \frac{ma^{\frac{s}{s}}}{w}$ angestellten neunzig Beobachtungen beträgt aber für Z die Summe der positiven Differenzen + 21°,4, die der negativen Differenzen — 13°,86. Um die Abweichung der Ablesung D zu finden mufs man noch mit $(1+\mu)$ multipliciren, dann ergiebt sich für etwa acht Fälle ein wenig gröfserer Fehler als die oben angenommene Gränze (im Maximum 2°,25), und zwar sind diefs Fälle, wo die Anwendung einer sehr kleinen Säuremenge und in Folge dessen die Geringfügigkeit der Einwirkung, den relativen Werth einer jeden Ungenauigkeit sehr erhöhen mufste. Ueberdiefs liegt für solche Versuche bei denen eine grofse Zuckermenge unzersetzt blieb, auch eine erhebliche und unvermeidliche Fehlerquelle in der, während der Ablesung, noch stattfindenden Einwirkung der Säure, welche namentlich von Bedeutung wird, wenn man in Folge ungünstiger atmosphärischer Verhältnisse die Beobachtung auch mit der wünschenswerthen Schnelligkeit ausführen kann.

Bei Betrachtung der Gleichung:

$$\log Z_0 - \log Z = \frac{ma^{\frac{s}{s}} ST}{w}$$

ergiebt sich, dafs mit einer proportionalen Veränderung von S und w für gleiche Z_0, m und T auch Z unverändert d. h. der Gang der Umwandlung des Zuckers derselbe bleibt; dieſs bestätigt auch der Versuch, wie sich aus der Zusammenstellung auf Tabelle IX.*) ergiebt. Zugleich ist dieſs eine Folge der früher nachgewiesenen Unabhängigkeit der Gröſse M von Z. Wurden nämlich in einer Mischung von beliebigem Zucker-, Säure- und Wasser-Gehalt alle drei Bestandtheile auf das $n$fache vermehrt, so muſste offenbar bei unveränderter Temperatur der Gang der Umwandlung unverändert, also auch das Product MS constant bleiben. Wegen der Unabhängigkeit von Z_0 wird dieser constante Werth von MS aber auch fortbestehen, wenn man sich nZ_0 wieder auf Z_0 vermindert denkt.

D. Einfluſs der Temperatur.

Im Nachstehenden lasse ich nun eine Zusammenstellung bei verschiedenen Temperaturen angestellter Versuche folgen (Tabelle X*). Es ist leicht begreiflich, dafs hier die Unsicherheit der Resultate etwas gröſser wird, denn dieselbe Temperatur, oft während langer Zeit, ohne die kleinste Schwankung constant zu erhalten, ist namentlich für Jemand, der ohne Beihülfe arbeitet, nicht immer leicht. Dennoch hoffe ich in dieser Beziehung keinen erheblichen Fehler begangen zu haben; andererseits muſs ich mir aber eine Fehlerquelle zum Vorwurf machen, die wohl zu vermeiden gewesen wäre. Als ich meine betreffenden Versuche anstellte, kannte ich nämlich noch nicht das Gesetz des Einflusses der Temperatur auf das Drehungsvermögen des Schleimzuckers, es war daher nöthig die Ablesung jedesmal bei derselben Temperatur — ich wählte 15° — vorzunehmen; deshalb muſste die Mischung zuvor auf diese Temperatur erwärmt oder abgekühlt werden. Dazu waren immer einige Minuten erforderlich; während dieser, wenngleich nur kurzen Zeit, fand immer eine Nachwirkung statt, die bisweilen nicht unbedeutend seyn, aber doch nicht in Rechnung genommen werden konnte. Dazu kam noch, dafs

*) Am Schlusse der Abhandlung.

ein Theil der Versuche bei sehr hoher äufserer Temperatur (20—22°) angestellt, die bei 15° in den Apparat gebrachte Flüssigkeit durch diesen erwärmt und so einerseits eine ferne Nachwirkung begünstigt, andererseits auch das Ablesungsresultat verfälscht wurde, indem nun der bei der Berechnung von Z aus D angewendete Coëfficient μ nicht mehr der entsprechende war. Aus diesem Grunde halte ich namentlich die Versuchsreihen IV. und VI. für unzulässig und die daraus gefundenen Werthe von m einer etwas höheren Temperatur angehörig; sie sind daher aus der ferneren Berechnung fortzulassen. Behufs dieser Berechnung war aber noch eine Frage experimentell zu beantworten. Ich hatte zwar die Werthe der Constanten a für die vier Säuren bei mittlerer Temperatur bestimmt; es blieb indefs zweifelhaft, ob dieselben der Rechnung für jede höhere oder niedere Temperatur zu Grunde gelegt werden könnte. Leider habe ich zu wenig Versuche angestellt, um diese Fragen genügend entscheiden zu können. Folgendes sind die für die beigesetzten Temperaturgrade gefundenen Werthe:

	Salzsäure.	Salpetersäure.	Schwefelsäure.
91,5 D	$\lg a = 3{,}711$		
128,5 D		$\lg a = 1{,}486$	
150 D			$\lg a = 1{,}386$
162 D		$\lg a = 1{,}902$	$\lg a = 1{,}126$
186,5 D	$\lg a = 3{,}409$		
210 D		$\lg a = 1{,}7257$	
225 D			$\lg a = 1{,}607$.

Diese Werthe sind jederzeit nur aus zwei Versuchen berechnet, was, wie sich aus dem Früheren ergiebt, nicht hinreicht um a mit Sicherheit zu finden. Da überdiefs die beiden verglichenen Versuche, mit Ausnahme der bei 225 D angestellten, immer von gleicher Dauer waren, so mufste der mit der geringeren Säuremenge, wegen der Nachwirkung während des Ablesens stets ein zu grofses M geben, wodurch dann a sich immer zu klein berechnete. Diefs trat, wie man sieht, auch ein; übrigens ist aber bei

Temperaturen ober und unterhalb 15° eine Ab- oder Zunahme der Werthe von a nicht zu bemerken, ich habe mir daher auch gestatten dürfen, die für die mittlere Temperatur gefundenen a für die ganze Berechnung durchgehend anzuwenden.

Bei letzterer bin ich nun folgendermafsen verfahren. Sucht man mittelst der Formel:

$$lZ_0 - lZ = MST = \frac{ma^{\frac{s}{w}} \cdot ST}{w}$$

(auf Tabelle XI. am Schlufs) das jeder Temperatur zukommende m, so sieht man bald, dafs das Gesetz, welches m mit der Temperatur verknüpft, für die vier behandelten Säuren dasselbe ist; darnach mufs also das Verhältnifs zwischen dem m jeder Temperatur ein constantes seyn. Abweichungen sind Ungenauigkeiten der Versuche zuzuschreiben. Um das Verhältnifs dieses Factors der mittleren Umwandlungscoëfficienten für vier Säuren zu bestimmen, wurde also zunächst dessen Werh für jede der 24 bei verschiedenen Temperaturen angestellten Versuchsreihen berechnet, sodann aus allen diesen Werthen das Mittel genommen. Es ergab sich — für Salzsäure $m' = m$ Modul. (da wieder briggische Logarithmen den natürlichen bei der Berechnung substituirt waren) zur Einheit genommen:

für Salzsäure $m' = 1 = P$
für Salpetersäure $m' = 0{,}60222 = P'$
für Schwefelsäure $m' = 0{,}42169 = P''$
für Phosphorsäure $m' = 0{,}072365 = P'''$.

Demnach wird also das Gesetz der Abhängigkeit der m von t für jede der vier Säuren durch dieselbe Curve ausgedrückt, nur die zugehörigen Parameter sind verschieden. Dividirt man nun die Reihe der m' für jede Säure durch den entsprechenden Parameter so erhält man Tabelle XII.

Es kam darauf an, die Form einer Function zu ermitteln, welche das Gesetz der in Rede stehenden Curven ausdrückt, dann mittelst der vorliegenden Versuche die Constanten zu bestimmen. Bei der Wahl der Function liefs ich mich durch theoretische Betrachtungen leiten, ein Weg,

der mich zwar, wie ich glaube, zum Ziel geführt hat, ohne dafs indessen die Werthe der Constanten, wie sie sich nachher ergaben, mit den Voraussetzungen, von denen ich ausging, vereinbar waren. Die theoretische Bedeutung, welche ich meiner Formel beilegte, ist daher nicht zulässig und die wahre noch zu ermitteln; dennoch will ich den Gang meiner Betrachtungen in der Kürze darlegen, um daran später eine anderweitige Bemerkung zu knüpfen

Man hat bei dem chemischen Procefs, von dem hier die Rede ist, offenbar zweierlei zu unterscheiden, einmal die Gröfse der Wirksamkeit, der Energie, und das andere Mal die Gröfse der dieser Wirksamkeit proportionalen Wirkung, des Effects. Die Wirksamkeit kann gesteigert, aber gleichzeitig der Effect ihrer Einheit vermindert seyn, dann wird das Resultat der Wirksamkeit nicht proportional vermehrt, ja es kann sogar bei gesteigerter Wirksamkeit vermindert seyn. Es ist sehr wohl denkbar, ja die Annahme vielleicht nicht abzuweisen, dafs das Resultat der chemischen Action durch die Temperatur in dieser Weise modificirt werde; während nämlich die Energie der chemisch wirksamen Substanz der Säure durch Temperaturerhöhung eine Steigerung erfährt, mufs in Folge der Ausdehnung und der Zunahme der Moleculabstände der, der Wirksamkeits-Einheit entsprechende Effect vermindert werden. Beides mufs in der Formel, um welche es sich hier handelt, Berücksichtigung finden. Zu dem Ende glaubte ich mich der aus dem Früheren sich ergebenden Resultate bedienen zu können. Es fand sich dort der Umwandlungs-Coëfficient bei Vermehrung des Lösungsmittels, also das Volumen diesem umgekehrt proportional, andererseits mit einer Exponential-Gröfse multiplicirt, deren Exponent der Concentrationsgrad der Säure war. Es war zu versuchen, ob hier die Berechnung mit einer analogen Formel gelingen würde. Ob das Volum durch Hinzufügen des indifferenten Lösungsmittels oder durch Zufuhr von Wärme vermehrt war, mufste wohl gleichgültig seyn, nur kam es darauf an, das Gesetz zu kennen, nach welchem bei Temperaturerhöhung die Volume zunehmen. Diefs Gesetz ist, wie man weifs, noch

nicht ermittelt; indefs erhält man für die Ausdehnung der Flüssigkeiten eine sehr gute Annäherung, wenn man die Abnahme diesen Temperaturzunahmen proportional setzt, also $d_0 : d_t = 1 : (1 - \alpha t)$. Nach diesen Betrachtungen versuchte ich also m' als Function der Temperatur darzustellen durch die Formel:

$$m' = K\beta^{(t-91{,}5)}[1 - \alpha(t - 91{,}5)$$

worin K, β und α näher zu bestimmende Constante sind. Zur Bestimmung der Constanten nahm ich die drei Gleichungen:

$$0{,}1136 = K\beta^{(91{,}5-91{,}5)}[1 - \alpha(91{,}5 - 91{,}5)]$$

oder:

$$0{,}1136 = K$$
$$4{,}747 = K\beta^{(161{,}5-91{,}5)}[1 - \alpha(161{,}5 - 91{,}5)]$$
$$164 = K\beta^{(250{,}5-91{,}5)}[1 - \alpha(250{,}5 - 91{,}5)]$$

theils weil sie die Temperaturscale ungefähr gleichmäfsig theilen, theils weil sie mir durch die gute Uebereinstimmung oder durch die Anzahl der zugehörigen Versuche am Besten beglaubigt schienen. Daraus fand ich:

$$K = 0{,}1136$$
$$\alpha = 0{,}0050908.$$
$$\beta = 1{,}057788 \quad \log\beta = 0{,}0243989$$

oder wenn man statt der Scalentheile Centesimalgrade einführt:

$$\alpha' = 0{,}0154709$$
$$\beta' = 1{,}186173.$$

Der Werth für α war offenbar viel zu grofs, um mit meiner theoretischen Ansicht von seiner Bedeutung vereinbar zu seyn; wie man daher die Temperaturformel auszulegen habe, mufs ich dahingestellt seyn lassen, nur will ich eines auffallenden Umstandes erwähnen. Die Formel hat die Eigenschaft bis 63°,64 zu wachsen, dort ihr Maximum zu erreichen, dann plötzlich bei $64°{,}64 = 0$ zu werden und ins Negative überzugehen; damit stimmt auch das Verhalten der Mischung in sofern überein, als die Einwirkung augenscheinlich mehr und mehr steigt, bei 60° etwa, wie auch Biot angiebt, instantan beendigt ist, darüber hinaus in eine, sich durch Bräunung verrathende, Zerstörung

des Zuckers übergeht. Sollte diese Uebereinstimmung zufällig seyn, oder liegt ihr eine tiefere Bedeutung zu Grunde?

Die mittelst der Formel:

$$m' = P.K[1-\alpha(t-91{,}5)]\beta^{(t-91{,}5)}$$

und die aus den Beobachtungen mit Hülfe der Gleichung

$$\log Z_0 - \log Z = \frac{m'\alpha^{\frac{s}{w}}.S.T}{w}$$

berechneten Werthe finden sich zusammengestellt auf Tabelle XII. Um indefs übersehen zu können, in wie weit Berechnung und Beobachtung übereinstimmen, war es nöthig auf die eine oder andere Art auch Z zu suchen; diefs geschah (auf Tabelle XIII.) aus der Ablesung D mittelst der gewöhnlichen Formel: $Z_0 = Z - \frac{Z_0 - D}{1+\mu}$, und auf dem Wege der Berechnung, aus den hier vollständig folgenden Formeln, für Salzsäure:

$$\log\left(\frac{Z_0}{Z}\right) = K[1-(t-91{,}5)\alpha]\beta^{(t-91{,}5)} \times (12351)^{\frac{s}{w}} \cdot \frac{S.T}{w}$$

für Salpetersäure:

$$\log\left(\frac{Z_0}{Z}\right) = 0{,}60222K\beta^{(t-91{,}5)} \times [1-(t-91{,}5)\alpha] \times (664{,}1)^{\frac{s}{w}} \frac{S.T}{w}$$

für Schwefelsäure:

$$\log\left(\frac{Z_0}{Z}\right) = 0{,}42169.K[1-(t-91{,}5)\alpha]\beta^{(t-91{,}5)} \times (167{,}6)^{\frac{s}{w}} \frac{S.T}{w}$$

für Phosphorsäure:

$$\log\left(\frac{Z_0}{Z}\right) = 0{,}072365.K[1-(t-91{,}5)\alpha]\beta^{(t-91{,}5)} \times (2{,}603)^{\frac{s}{w}} \frac{S.T}{w}$$

worin K, α und β die vorerwähnten Werthe haben. Um die wahren m aus $m' = m$ Modul. zu finden hat man nur nöthig statt mit K mit $\frac{K}{\text{Modul.}} = \frac{0{,}1136}{0{,}4342945} = 0{,}2615737$ zu multipliciren.

Setzt man $\frac{S}{w} = q$ und führt Centesimalgrade ein, so erhält man zur Berechnung von Z die allgemeine Formel:

$$Z = Z_0 e - C(1-\alpha' t)\beta' t \alpha^t . q . T.$$

Addirt man endlich noch die positiven und negativen Differenzen zwischen Beobachtung und Berechnuung so ergiebt sich für die berechneten 72 Versuche

Summe der positiven Differenzen = 26°,78
Summe der negativen Differenzen = 22°.

Nach Aufführung meiner Versuchsresultate habe ich nur noch Weniges hinzuzufügen. Ich mufs es den Chemikern überlassen, wenn diese anders meiner Arbeit einige Aufmerksamkeit schenken, zu entscheiden, ob und wie weit die gefundenen Formeln auf andere chemische Vorgänge Anwendung finden; jedenfalls scheinen mir doch alle diejenigen, deren Eintreten man der Wirksamkeit einer katalytischen Kraft zuschreibt, hieher zu gehören. Abzuleiten, welche theoretische Folgerungen sich aus der Form der Gleichung für m ergeben, ist, wie ich glaube, die Aufgabe der Molecular-Physik in ihrem mathematischen Theil; andeuten möchte ich nur, dafs sich daraus vielleicht eine Abhängigkeit der chemischen Kraftwirkung von der Entfernung und zwar, da w proportional r^3, — wenn r den Abstand zwischen Säure und Zuckermolecul bedeutet — eine Abnahme proportional der dritten Potenz dieses Abstandes ergiebt. Dabei mufs man dann freilich noch die Annahme machen, dafs der Factor α^t, welcher sich ebenfalls mit w verändert, sich nur auf die Energie des wirksamen Moleculs, nicht auf den durch die Einheit der Energie hervorgebrachten Effect beziehen. Welche Bedeutung hat aber jene Exponentialgröfse α^t? Wirken etwa die Säuremolecule, gleichsam inducirend, sich gegenseitig zu einer energischeren chemischen Action steigernd auf einander?

Ob auch der Luftdruck von Einfluſs auf den hier besprochenen chemischen Procefs sey, habe ich bisjetzt noch nicht untersuchen können, ich werde meine Ansicht demnächst in dieser Beziehung vervollständigen.

Tabelle V. Salzsäure $\log a = 4{,}09170$.

I. Säure und Lösungsmittel veränderlich.					$M = m a^{\frac{s}{w}}$ $m = 2{,}118$.		Z.		
Z_0.	S.	w.	T.	D.	Beobachtet.	Berechnet.	Beobachtet.	Berechnet.	Differenz.
18°,75	4×0,242^{gr}	6^{gr}	30′	− 2°	8,7373	9,707	3°,69	3°,08	− 0,61
»	3×0,242	»	»	+ 2 ,5	7,1124	6,788	6 ,95	7 ,27	+ 0,32
»	2×0,242	»	1^h	+ 4 ,25	4,4323	4,384	8 ,22	8 ,27	+ 0,05
»	0,242	»	»	+ 12 ,25	3,1174	3,099	14 ,03	14 ,05	+ 0,02
»	4×0,242	10	»	+ 0 ,25	5,6401	5,279	5 ,32	5 ,77	+ 0,45
»	3×0,242	»	»	+ 5	4,5392	4,202	8 ,78	9 ,28	+ 0,50
»	2×0,242	»	2^h 10′	+ 4 ,75	3,232	3,344	8 ,58	8 ,34	− 0,24
»	0,242	»	1^h 36′	+ 13 ,5	2,513	2,661	14 ,98	14 ,78	− 0,20
IV. Lösungsmittel veränderlich $m = 1{,}579$.									
20°	2×0,242^{gr}	4^{gr}	2^h	− 5°,25	4,4166	4,945	1°,7	1°,27	− 0,43
»	»	6	2^h 30′	− 2	3,4282	3,380	4 ,06	4 ,29	+ 0,23
»	»	8	3^h	+ 0 ,75	2,8563	2,795	6 ,05	6 ,78	+ 0,73
»	»	10	»	+ 40	2,5869	2,493	8 ,41	8 ,68	+ 0,27
»	»	12	»	+ 6 ,5	2,4058	2,310	10 ,22	9 ,97	+ 0,25

Temperatur der Digestion und Ablesung $t = 16°{,}5$.

Tabelle V. Salzsäure.

II. Säuremenge veränderlich.					$M=ma^{\frac{s}{w}}$ $m=1{,}521.$		Z.		
Z_0.	S.	w.	T.	D.	Beobachtet.	Berechnet.	Beobachtet.	Berechnet.	Differenz.
39°	4×0,202gr	9,612gr	2h	0°	3,301	3,359	10°,86	10°,49	— 0°,37
»	3,5×0,202	9,679	2h	+ 5	2,949	3,025	14 ,47	14 ,11	— 0 ,36
»	3×0,202	9,746	»	+ 8 ,5	2,901	2,733	16 ,99	17 ,82	+ 0 ,83
»	2,5×0,202	9,813	3h	+ 7 ,75	2,426	2,471	16 ,45	16 ,19	— 0 ,26
»	2×0,202	9,880	»	+13 ,5	2,2574	2,236	20 ,61	20 ,74	+ 0 ,13
»	1,5×0,202	9,947	5h 30′	+ 9 ,5	2,045	2,027	17 ,72	17 ,84	+ 0 ,12
»	1×0,202	10,014	»	+19	1,809	1,840	24 ,57	24 ,38	— 0 ,19
»	0,101	10,081	»	+27 ,25	1,936	1,671	30 ,52	31 ,56	+ 1 ,04
III. Säuremenge veränderlich $m=1{,}681.$									
29°,25	6×0,2424	8,158gr	1h	— 9°,75	8,302	9,008	0°,97	0°,73	— 0°,24
»	5,5× »	»	»	— 9 ,25	8,217	7,832	1 ,33	2 ,09	+ 0 ,76
»	5× »	»	»	— 7 ,75	7,288	6,809	2 ,42	2 ,851	+ 0 ,43
»	4,5× »	»	»	— 5 ,25	6,275	5,920	4 ,23	4 ,734	+ 0 ,50
»	4× »	»	2h	— 8 ,25	4,850	5.147	2 ,06	2 ,08	+ 0 ,02
»	3,5× »	»	»	— 6 ,25	4,429	4,460	3 ,51	3 ,94	+ 0 ,43
»	3× »	»	»	— 3	3,914	3,886	5 ,87	5 ,94	+ 0 ,07
»	2,5× »	»	4h	— 7	3,217	3,375	2 ,97	2 ,92	+ 0 ,05
»	2× »	»	»	— 3	2,935	2,936	5 ,87	5 ,87	+ 0 ,00
»	1,5× »	»	»	+ 3 ,5	2,478	2,553	10 ,58	10 ,26	— 0 ,32
»	1× »	»	8h	+ 1	2,202	2,222	8 ,77	8 ,48	— 0 ,29
»	0,5× »	»	»	+12	2,040	1,932	16 ,74	17 ,24	+ 0 ,50
»	0,25× »	»	»	+19	2,143	1,802	21 ,82	22 ,86	+ 1 ,04

Tabelle VI. Salpetersäure $\log a = 2{,}8222$.

I. Säure- und Lösungsmittel veränderlich.					$M = m a^{\frac{s}{w}}$ $m = 0{,}9905$.		Z.		
Z_0.	S.	w.	T.	D.	Beobachtet.	Berechnet.	Beobachtet.	Berechnet.	Differenz.
18°,75	4 . 0,277	6gr	1h 5′	— 0°,5	2,906	3,274	4°,94	4°,17	— 0°,77
»	3 . »	»	»	+ 5	2,168	2,428	8 ,89	8 ,11	— 0 ,78
»	2 . »	»	1h	+ 10	1,9216	1,801	12 ,48	12 ,80	+ 0 ,32
»	1 . »	»	3h 15′	+ 9	1,357	1,336	11 ,76	11 ,83	+ 0 ,07
»	1 . »	5gr	»	+ 7 ,75	1,318	1,420	10 ,86	10 ,16	— 0 ,70
»	5 . »	10gr	1h 5′	+ 4	2,405	2,428	8 ,17	8 ,11	— 0 ,06
»	4 . »	»	2h	+ 0 ,5	2,347	2,035	5 ,66	6 ,64	— 0 ,98
»	3 . »	»	1h	+ 11	1,838	1,700	13 ,19	13 ,54	+ 0 ,35
»	2 . »	»	3h 15′	+ 7 ,5	1,358	1,420	10 ,68	10 ,16	— 0 ,52
»	1 . »	»	»	+ 12 ,75	1,257	1,186	14 ,45	14 ,66	+ 0 ,21
II. Säuremenge veränderlich $m = 0{,}9905$.									
36°	4 . 0,281	8,091gr	2h	— 2°	2,197	2,176	8°,84	8°,96	+ 0°,12
»	3,5 . »	»	»	+ 2 ,5	1,952	1,934	12 ,08	12 ,20	+ 0 ,12
»	3 . »	»	»	+ 7	1,789	1,772	15 ,27	15 ,39	+ 0 ,12
»	2,5 . »	»	»	+ 11 ,75	1,644	1,628	18 ,67	18 ,79	+ 0 ,12
»	2 . »	»	4h	+ 6	1,416	1,403	14 ,56	14 ,68	+ 0 ,12
»	1,5 . »	»	»	+ 13 ,25	1,253	1,241	19 ,74	19 ,85	+ 0 ,11
»	1 . »	»	4h	+ 20 ,5	1,151	1,140	24 ,92	25 ,00	+ 0 ,08
»	0,5 . »	»	»	+ 27 ,75	1,120	1,109	30 ,1	30 ,15	+ 0 ,05

Tabelle VI. Salpetersäure.

III. Säuremenge veränderlich.					$M = m\,a^{\frac{n}{v}}$ $m = 1{,}373$		Z.		
Z_0.	S.	w.	T.	D.	Beobachtet.	Berechnet.	Beobachtet.	Berechnet.	Differenz.
38°	6 . 0,277gr	10gr	1h	— 1°,75	3,7746	4,144	8°,84	7°,78	— 1°,06
»	5,5 . »	»	»	+ 1	3,581	3,779	10 ,85	10 ,12	— 0 ,73
»	5 . »	»	»	+ 3 ,25	3,484	3,447	12 ,51	12 ,66	+ 0 ,15
»	4,5 . »	»	»	+ 6 ,5	3,263	3,144	14 ,89	15 ,41	+ 0 ,52
»	4 . »	9gr	»	+ 7	3,213	3,057	15 ,26	15 ,97	+ 0 ,71
»	3,5 . »	»	»	+ 12 ,5	2,731	2,706	19 ,29	19 ,13	— 0 ,16
»	3 . »	»	2h 5′	+ 3	2,541	2,502	12 ,32	12 ,28	— 0 ,04
»	2,5 . »	»	2h	+ 9	2,315	2,264	16 ,72	17 ,03	+ 0 ,31
»	2 . »	»	1h 40′	+ 19	1,921	2,048	24 ,13	24 ,58	+ 0 ,45
»	1,5 . »	»	5h	+ 5 ,5	1,857	1,853	14 ,16	14 ,18	+ 0 ,02
»	1 . »	»	»	+ 13 ,75	1,781	1,676	20 ,21	20 ,97	+ 0 ,76
»	0,5 . »	»	»	+ 25 ,5	1,558	1,517	28 ,83	29 ,04	+ 0 ,21

Temperatur der Ablesung 22°,5.

Tabelle VII. Schwefelsäure $\log a = 2{,}2243$.

I. Säure- und Lösungsmittel veränderlich.					$M = m a^{\frac{s}{v}}$ $m = 0{,}7764$.		Z.		
Z_0.	S.	v.	T	D.	Beobachtet.	Berechnet.	Beobachtet.	Berechnet.	Differenz.
28°,13	4 . 0,78^{cc}	6^{cc}	30′	− 11°,5	9,212	11,12	0°,13	0°,04	− 0°,09
»	3 . »	»	»	− 7 ,75	5,222	5,722	2 ,7	2 ,16	− 0 ,54
»	2 . »	»	1^h	− 3 ,5	4,242	3,838	6 ,13	7 ,09	+ 0 ,96
»	1 . »	»	»	+ 13	2,643	2,573	12 ,46	14 ,06	+ 1 ,6
»	4 . »	10^{cc}	30′	− 3	3,014	2,940	5 ,78	4 ,84	− 0 ,94
»	3 . »	»	»	+ 6	1,677	1,726	8 ,43	8 ,14	− 0 ,29
»	2 . »	»	2^h	+ 0 ,25	1,597	1,511	17 ,44	17 ,9	+ 0 ,46
»	1 »	»	»	+ 13 ,5	1,282	1,158	17 ,79	18 ,56	+ 0 ,77
II. Säuremenge veränderlich, $m = 0{,}8508$. (Ablesung bei 19° und 20°).									
38°	4,5 . 0,78^{cc}	8^{cc}	30′	− 13°,5	6,836	8,067	1 ,21	0°,65	− 0°,56
»	4 . »	»	»	− 11 ,5	5,939	6,283	2 ,64	2 ,26	− 0 ,38
»	3,5 . »	»	»	− 8 ,5	5,271	4,894	4 ,79	5 ,56	+ 0 ,77
»	3 . »	»	»	− 0 ,5	3,819	3,811	10 ,5	10 ,52	+ 0 ,02
»	2 . »	»	2^h	− 7 ,5	2,153	2,312	5 ,5	4 ,77	− 0 ,73
»	1,5 . »	»	»	+ 1 ,5	1,720	1,801	11 ,93	11 ,3	− 0 ,63
»	1 . »	»	4^h	0	1,359	1,403	10 ,86	10 ,78	− 0 ,08
»	0,5 . »	»	»	+ 16	1,188	1,092	22 ,29	23 ,27	+ 0 ,98
»	0,25 . »	»	»	+ 25 ,75	1,166	0,964	29 ,25	30 ,60	+ 1 ,35

Tabelle VIII. Phosphorsäure $\log a = 0{,}41551$.

I. Säuremenge veränderlich. (Ablesung bei 21°,5.)					$M = \frac{m a^{\frac{s}{w}}}{w}$ $m = 0{,}1752$.		Z.		
Z_0.	S.	w.	T.	D.	Beobachtet.	Berechnet.	Beobachtet.	Berechnet.	Differenz.
36°,5	6 . 0,2955^{gr}	10^{gr}	9^h	+ 9°,25	0,2043	0,2076	17°,23	17°,02	— 0,°21
»	5 . »	»	»	+ 12 ,5	0,2039	0,2018	19 ,53	19 ,66	+ 0, 13
»	4 . »	9^{gr}	»	+ 15	0,1979	0,1987	21 ,3	21 ,25	— 0, 05
»	3 . »	»	»	+ 19 ,5	0,1957	0,1925	24 ,48	24 ,64	+ 0, 16
»	2 . »	8^{gr}	»	+ 23 ,75	0,1854	0,1881	27 ,48	27 ,38	— 0, 10
»	1 . »	»	»	+ 29 ,75	0,1829	0,1815	31 ,73	31 ,76	+ 0, 03
II. Säuremenge veränderlich. (Ablesung bei 22°) $m = 0{,}17103$.									
36°,5	6 . 0,2955	10,146^{gr}	11^h	+ 6°	0,20245	0,20215	14°,9	14°,92	+ 0°,02
»	4,5 . »	»	»	+ 12	0,19403	0,19387	19 ,17	19 ,18	+ 0 ,01
»	3 . »	»	»	+ 18	0,2009	0,18393	23 ,4	24 ,19	+ 0 ,79

Tabelle IX.

Säure und Lösungsmittel proportional veränderlich:

a) Salzsäure.

Z_0.	*S.*	*w.*	*T.*	*D.*	$M = ma^{\frac{s}{w}}$
19°	0,5 . 0,242gr	3gr	4h 30′	3°,5	2,145
»	1. »	6	»	3	2,259
»	1,5. »	9	»	3	2,259
»	2. »	12	»	3,5	2,145
		b) Schwefelsäure.			
17°,5	2 . 0,78gr	12gr	2h 30′	− 0°,5	1,743
»	1,5. »	9	»	+0,5	1,393
»	1. »	6	»	+1	1,471
»	0,5. »	3	»	+2	1,317
		c) Salpetersäure.			
19°,5	0,5 . 0,281gr	2,768gr	8h	+3°	1,0575
»	0,75. »	4,152	»	+2	1,1676
»	1. »	5,536	»	+2	1,1676
»	1,5. »	8,304	»	+2	1,1676
36	2,5. »	8,012	6	− 6,75	1,560
27	2. »	6,410	»	− 5,5	1,625
18	1,5. »	4,807	»	− 4	1,705
9	1. »	3,205	»	− 2	1,705

Tabelle X.

I. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 91,5 D. Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Name d. Säure.	Z_0.	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	38°	0,5215gr	8130	13h 20′	+ 19°,5
»	»	0,261	8130	13h 20′	+ 30
Salpetersäure	»	0,859	»	»	+ 20
Schwefelsäure	»	1	»	»	+ 22 ,5

II. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 91,5 D. Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Name d. Säure.	Z_0.	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	39°	0,6775gr	9,7006gr	17h	14°,5
Salpetersäure	»	1,005	9,520	»	15 ,75
Schwefelsäure	»	1,560	9,370	»	11 ,5
Phosphorsäure	»	1,389	9,380	»	34 ,75

III. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 91,5 D. Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Salzsäure	37°,25	0,6775gr	9,860	7h 30′	26°,25
Salpetersäure	»	1,005	9,683	»	27 ,75
Schwefelsäure	»	1,560	9,531	»	22 ,75
Phosphorsäure	»	1,389	9,540	»	34 ,75

IV. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 103 D. Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Salzsäure	38°	0,5215gr	8130	2h 45′	28°,5
Salpetersäure	»	0,859	»	»	27°,5
Schwefelsäure	»	1	»	»	29
	»				

V. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 106 D. Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Salzsäure	39°	0,6775gr	9,700	9h 25′	+ 11°
Salpetersäure	»	1,005	9,520	9h 40′	+ 12
Schwefelsäure	»	1,560	9,370	»	+ 6 ,5
Phosphorsäure	»	1,389	9,380	»	+ 32

VI. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 116 D. Temperatur d. Ablesung = 15°.

Salzsäure	38°	0,5215gr	8gr	2h	25°,5
Salpetersäure	»	0,859	»	»	25
Schwefelsäure	»	1	»	»	26

VII. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 120,5 D. Temperatur d. Ablesung = 15 C.

Name d. Säure.	Z_0.	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	37°,25	0,3386	10,08	12h	+ 12°
Salpetersäure	»	0,5025	10	»	+ 14 ,25
Schwefelsäure	»	0,78	9,920	»	+ 9 ,25
Phosphorsäure	»	1,389	9,540	»	29

VIII. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 128,5 D. Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Name d. Säure.	Z_0.	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	39°	0,5216gr	8gr	12h 30′	— 10°
Salpetersäure	»	0,859	»	»	— 5 ,75
»	»	0,430	»	»	+ 11
Schwefelsäure	»	1,0	»	»	— 9 ,5

IX. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 136 D. Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Salzsäure	37°,25	0,677gr	9,860	4h 35′	— 3°
Salpetersäure	»	1,005	9,683	»	— 2 ,5
Schwefelsäure	»	1,560	9,531	»	— 7
Phosphorsäure	»	1,389	9,540	»	+ 30

X. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 136,5 D. Temperatur d. Ablesung = 15 C.

Salzsäure	39°	0,3386gr	9,921gr	7h	+ 9°,5
Salpetersäure	»	0,5025	9,833	»	+ 8
Schwefelsäure	»	0,78	9,757	»	+ 3 ,5
Phosphorsäure	»	1,389	9,377	»	+ 27 ,5

XI. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 144 D. Temperatur d. Ablesung = 18°,5 C.

Salzsäure	38°	0,520gr	8gr	5h	— 8°,5
Salpetersäure	»	0,859	»	»	— 9 ,5
Schwefelsäure	»	1	»	»	— 7 ,5
Phosphorsäure	»	1,182	»	»	+ 27

XII. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 155 D. Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Salzsäure	37°,5	0,521gr	8gr	2h	— 0°,5
Salpetersäure	»	0,859	»	»	— 0 ,5
Schwefelsäure	»	1	»	»	+ 3
»	»	0,5	»	»	+ 19

XIII. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 151 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Name d. Säure.	Z_0.	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	39°	0,339gr	9,921gr	2h	16°,75
Salpetersäure	»	0,503	9,833	»	18
Schwefelsäure	»	0,78	9,757	»	15°,25

XIV. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 162 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Name d. Säure.	Z_0.	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	37°,5	0,521gr	9gr	2h	− 7°,25
Salpetersäure	»	0,859	»	»	− 7 ,75
»	»	0,43	»	»	+ 8 ,5
Schwefelsäure	»	1	»	»	− 4
»	»	0,5	»	»	+12

XV. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 166,5 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Salzsäure	39°	0,339gr	9,921gr	2h	+ 4°,25
Salpetersäure	»	0,503	9,833	»	+ 6
Schwefelsäure	»	0,78	9,757	»	+ 1 ,75
Phosphorsäure	»	1,389	9,377	»	+25 ,5

XVI. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 182 D.
Temperatur d. Ablesung = 15 C°.

Salzsäure	39°	0,339gr	9,921gr	1h	+ 3°
Salpetersäure	»	0,503	9,833	»	+ 3 ,75
Schwefelsäure	»	0,78	9,757	»	− 1 ,25
Phosphorsäure	»	1,389	9,377	»	+26

XVII. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 186,5 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Salzsäure	37°,5	0,521gr	8gr	1h	− 12°
Salpetersäure	»	0,859	»	»	− 11 ,25
Salzsäure	»	0,26	»	»	+ 1 ,25
Schwefelsäure	»	1	»	»	− 11 ,25

XVIII. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 195 D.
Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Salzsäure	37°,5	0,521gr	9gr	30′	− 8°,25
Salpetersäure	»	0,859	»	»	− 9 ,5
Schwefelsäure	»	1	»	»	− 6

XIX. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 197 D. Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Name d. Säure.	Z_0.	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	39°	0,339gr	9,921gr	30′	+ 3°,25
Salpetersäure	»	0,503	9,833	»	+ 5
Schwefelsäure	»	0,78	9,757	»	+ 1 ,25
Phosphorsäure	»	0,389	9,377	»	+25 ,75

XX. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 210 D. Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Name d. Säure.	Z_0.	S.	w.	T.	D.
Salzsäure	37°,5	0,521gr	9gr	15′	— 8°
Salpetersäure	»	0,859	»	»	— 9 ,25
»	»	0,43	»	»	+6
Schwefelsäure	»	1	»	»	— 5 ,75

XXI. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 212 D. Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Salzsäure	39°	0,339gr	9,921gr	30′	— 6°,25
Salpetersäure	»	0,503	9,833	»	— 6 ,25
Schwefelsäure	»	0,782	9,757	»	— 7 ,75
Phosphorsäure	»	1,389	9,377	»	17 ,75

XXII. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 225 D. Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Salzsäure	37°,5	0,521gr	9gr	12′	— 12°
Salpetersäure	»	0,859	»	15	— 11 ,5
Schwefelsäure	»	1	»	12	— 10
»	»	0,5	»	24	— 7

XXIII. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 226 D. Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Salpetersäure	39°	0,252gr	9,99gr	30′	— 2°,5
Schwefelsäure	»	0,39	9,952	»	— 4
Phosphorsäure	»	0,695	9,762	»	— 20

XXIV. Versuchsreihe. Temperatur d. Digestion = 250,5 D. Temperatur d. Ablesung = 15° C.

Salzsäure	37°,5	0,261gr	9gr	10′	— 9,75
Salpetersäure	»	0,43	»	12	— 12,25
Schwefelsäure	»	0,5	»	10	— 7,75

Tabelle XI.

Werthe von $m' = m$ Modul. Berechnet aus: $\log Z_0 - \log Z = \frac{m' \cdot a^{\frac{s}{w}} \cdot S7'}{w}$.

Scalentheile des Thermometers.	Salzsäure.	Salpetersäure.	Schwefelsäure.	Phosphorsäure.
91,5	0,11397 0,1219 *a*) 0,1253 *b*)	0,06747 0,065024	0,04459 0,04782	0,01164
103	0,10588 0,26806	0,05699 0,1657	0,04875 0,12447	0,01635
106	0,2483	0,1463	0,1009	0,03473
116	0,4902	0,2822	0,2294	
120,5	0,5275	0,3026	0,2307	0,03585
128,5	0,6836	0,28772 *a*) 0,34088 *b*)	0,30186	
136	1,094	0,77611	0,4483	0,08165
136,5	1,040	0,7315	0,5244	0,08263
144	1,618	0,9451	0,6975	0,1154
150	2,3768	1,294	0,950 *a*) 1,0718 *b*)	0,17103
151	2,4445	1,4814	1,0068	0,1752
162	4,2744	2,4262 *a*) 2,6842 *b*)	1,6586 *a*) 1,9085 *b*)	
166,5	4,744	2,831	2	0,3473
182	10,123	6,3302	4,6466	0,6647
186,5	10,990 *a*) 11,571 *b*)	5,332	4,457	

Werthe von $m' = m$ Modul. Berechnet aus: $\log Z_0 - \log Z = \frac{m' . a^{\frac{s}{w}} . S T}{w}$.

Scalentheile des Thermometers.	Salzsäure.	Salpetersäure.	Schwefelsäure.	Phosphorsäure.
195	18,404	11,086	7,447	
197	20,071	11,899	8,013	1,3603
210	32,762	21,72 *a*) 24,50 *b*)	14,675	
212	33,619	21,632	13,273	2,3994
225	65,94	26,66	24,30 26,30	
226		41,909	26,927	4,671
250,5	163,93	98,886	66,175	

Tabelle XII.

Abtheilungen der Scale.	Centesimalgrade.	$\frac{m'}{P}$ Salzsäure $P = 1$.	$\frac{m'}{P'}$ Salpetersäure. $P' = 0{,}60222$.	$\frac{m''}{P''}$ Schwefelsäure $P'' = 0{,}42169$.	$\frac{m'}{P'''}$ Phosphorsäure $P''' = 0{,}072369$.	Berechnet nach der Formel: $m' = K[1 - \alpha(t - 91{,}5)]\beta(t - 91{,}5)$ $\alpha = 0{,}0050909$ $\beta = 1{,}057788$.
91,5	0°	0,1219 *a*) 0,1253 *b*)	0,11204	0,11561		0,1136
		0,1059	0,10797	0,11340		
		0,11397	0,09463	0,10574		
103	3°,78	0,26806	0,27515	0,29517		

Abtheilungen der Scale.	Centesimalgrade.	$\frac{m'}{P}$ Salzsäure $P=1$.	$\frac{m'}{P'}$ Salpetersäure $P'=0{,}60222$.	$\frac{m''}{P''}$ Schwefelsäure $P''=0{,}42169$.	$\frac{m'}{P'''}$ Phosphorsäure $P'''=0{,}072365$.	Berechnet nach der Formel: $m'=K[1-\alpha(t-91{,}5)]\beta(t-91{,}5)$ $\alpha=0{,}0050908$ $\beta=1{,}057788$.
106	4°,77	0,2483	0,24293	0,23928		0,2376
116	8 ,06	0,4902	0,4686	0,54440		
120,5	9 ,54	0,5275	0,50247	0,54708	0,49541	0,4938
128,5	12 ,17	0,6836	0,56604	0,71581		0,7371
136	14 ,64	1,094	1,2887	1,0631	1,1283	1,0704
136,5	14 ,81	1,040	1,2147	1,2436	1,1418	1,0973
144	17 ,27	1,618	1,5694	1,6541	1,5947	1,5895
150	19 ,25	2,3768	2,1489	2,2529 *a*)	2,3634	2,1339
151	19 ,57	2,4445	2,4599	2,5417 *b*)		
162	23 ,19	4,2744	{ 4,0288 *a*) { 4,4572 *b*)	2,3875 3,933 *a*)	2,421	2,2408
166,5	24 ,68	4,744	4,7006	4,5257 *b*)		3,8232
182	29 ,78	10,123	10,512	4,7428	4,7992	4,747
186,5	31 ,26	{ 10,99 *a*) { 11,57 *b*)	8,8549	11,019 10,569	9,1854	9,8922 12,197
195	34 ,06	18,404	18,408	17,660		18,018
197	34 ,71	20,071	19,759	19,002	18,798	19,723
210	39	32,762	{ 36,067 *a*) { 40,683 *b*)	34,801		35,09
212	39 ,65	33,619	35,917	31,476	33,157	38,253
225	43 ,92	65,94		{ 57,625 *a*) { 62,368 *b*)		65,812
226	44 ,26		68,586	63,855	64,548	68,510
250,5	51 ,99	163,93	164,20	156,93		164,00

Tabelle XIII.

Scalentheilung des Thermom.	Salzsäure Z.			Salpetersäure Z.			Schwefelsäure Z.			Phosphorsäure Z.		
	Beobacht.	Berechn.	Differenz.	Beobacht.	Berechn.	Differenz.	Beobacht.	Berechn.	Differenz.	Beobacht.	Berechn.	Differenz.
91,5	24°,65 32 ,23	25°,39 32 ,73	+0,74 +0,5	25°,13	25°,75	+0,62	27°,12	27°,11	−0,01			
106	18 ,80	19 ,40	+0,6	19 ,7	20 ,23	+0,53	16 ,20	16 ,29	+0,09			
120,5	19 ,03	18 ,70	−0,33	20 ,81	19 ,76	−1,05	17 , 6	17 , 6	+0	31°,55	31°,03	−0,52
128,5	3 ,65	3 ,03	−0,62	18 ,99	15 ,31	−3,68	4 ,97	4 ,66	−0,31			
136	8 ,21	8 ,17	−0,04	8 ,84	9 ,00	+0,16	6 ,2	5 ,85	−0,35	32 ,25	32 ,38	+0,13
136,5	17 ,72	16 ,96	−0,76	16 ,84	18 ,27	+1,43	14 ,09	15 ,85	+1,76			
144	4 ,06	4 ,22	+0,16	3 ,63	3 ,51	−0,12	5 ,66	6 ,10	+0,44	30 ,31	30 ,33	+0,02
150	10 ,08	11 ,53	+1,45	10 ,34	10 ,45	+0,11	24 ,52 13 ,46	26 ,25 14 ,04	+1,73 +0,58			
151	22 ,95	23 ,99	+1,04	23 ,99	25 ,03	+1,04	22 ,34	23 ,09	+0,75			
162	5 ,22	6 ,43	+1,21	8 ,38 19 ,6	9 ,36 21 ,68	+0,98 +2,08	5 ,16 16 ,77	5 ,71 18 ,76	+0,55 +1,99			
166,5	13 ,93	13 ,93	+0	15 ,41	15 ,27	+0,14	12 ,86	12 ,85	−0,01	29 ,69	29 ,78	+0,09
182	13 ,03	13 ,36	+0,33	13 ,81	14 ,68	−0,87	10 ,75	12 ,24	+1,49	30 ,04	29 ,44	−0,6
186,5	1 ,79 11 ,35	1 ,28 10 ,85	−0,49 −0,5				3 ,29	2 ,21	−1,08			

Scalentheilung des Thermom.	Salzsäure Z.			Salpetersäure Z.			Schwefelsäure Z.			Phosphorsäure Z.		
	Beobacht.	Berechn.	Differenz.	Beobacht.	Berechn.	Differenz.	Beobacht.	Berechn.	Differenz.	Beobacht.	Berechn.	Differenz.
195	4°,49	4°,69	+ 0,2	3°,91	4°,1	+ 0,19	7°,15	6°,74	— 0,41			
197	13 ,21	13 ,46	+ 0,25	14 ,7	14 ,61	— 0,09	12 ,51	12 ,30	— 0,21	29°,86	29°,47	— 0,39
210	5 ,39	4 ,96	— 0,43	4 ,08 14 ,98	4 ,28 16 ,92	+ 0,2 + 1,94	7 ,15	7 ,05	— 0,1			
212	6 ,3	4 ,94	— 1,36	6 ,6	5 ,9	— 0,7	6 ,19	4 ,17	— 2,02	24 ,35	22 ,65	— 1,7
225	1 ,79	1 ,80	+ 0,01				4 ,17 6 ,27	3 ,05 5 ,68	— 1,12 — 0,59			
226				9 ,34	9 ,55	+ 0,21	8 ,82	7 ,92	— 0,9	25 ,9	25 ,26	— 0,64
250,5	3 ,41	3 ,41	+ 0	1 ,94	1 ,95	+ 0,01	5 ,75	5 ,28	— 0,47			

III. *Ueber das moleculare Drehungsvermögen der Substanzen; von Ludwig Wilhelmy in Heidelberg.*

Bei einer Arbeit über das optische Verhalten der chemischen Verbindungen kam es mir, von der Ansicht ausgehend, dafs die Fähigkeit die Polarisationsebene des Lichts zu drehen, den Moleculen selbst einwohne, darauf an, zu ermitteln, in welchem Verhältnifs das Drehungsvermögen qualitativ verschiedener Molecule zu einander stehe. Es schien mir, als werde diese Aufgabe nach der von Biot vorgeschlagenen Methode der Berechnung nicht auf dem kürzesten Wege gelöst, da man hiernach das Drehungsvermögen einer Schicht der wirksamen Substanz von 1^{mm} Dicke im Zustand einer hypothesischen Dichte $= 1$ bestimmt. Die Anzahl der Molecule in der, auf die Dichte 1 reducirten Volumeinheit verschiedener Substanzen ist aber nicht gleich, sondern proportional $\frac{1}{a}$, — worin a das entsprechende Atomgewicht — es mufsten daher die von Hrn. Biot gefundenen Zahlen noch mit a multiplicirt werden, um die gewünschten vergleichbaren Zahlen zu erhalten.

Man weifs aber auch, dafs das Drehungsvermögen eines Moleculs mehr oder weniger veränderlich ist mit der Temperatur und mit der chemischen Einwirkung des Lösungsmittels; es wird daher eine Vergleichung des molecularen Drehungsvermögens ebenso wenig feststehende Werthe ergeben, als etwa eine specifische Gewichtsbestimmung bei der man keine Normaltemperatur zu Grunde gelegt hätte. Will man also eine derartige Vergleichung anstellen, so mufs man zuvor alle Molecule in identische Verhältnisse versetzen. Vertheilt man so den Atomgewichten proportionale Mengen, bei gleicher Temperatur, durch ein möglichst indifferentes Lösungsmittel auf gleiche Räume, so werden die durch derartige Lösungen erhaltenen Drehungen unmittelbar das gegenseitige Verhältnifs der molecularen Drehungsvermögen angeben.

Um zu einer allgemeinen Uebereinstimmung zu gelangen, würde man sich darüber zu einigen haben, welche Temperatur und welcher Grad der Vertheilung im Raum als normal zu betrachten sey. Ich habe in meinen, leider sehr unvollkommenen Versuchen, als solche 15° C. und den Inhalt meiner Glasröhre angenommen, welche in genannter Temperatur, bei 150‴ Länge, 13,850 Grm. destillirtes Wasser faſst.

Obige Entwicklung lieſs sich in folgender Art leicht algebraisch darstellen.

Ohne Beweis ist klar, daſs die Drehung d, welche eine Flüssigkeitssäule von der Länge l, vom Volum $V = 2r\pi . l$, hervorbringt, gleich ist dem Produkt aus der Anzahl N, der vorhandenen wirksamen Molecule in das Drehungs-Vermögen D, jedes einzelnen, dividirt durch den Querschnitt $(2r\pi)$. Vergleicht man also zwei verschiedene Substanzen in verschiedenen Apparaten, so erhält man:

$$d : d' = \frac{ND}{2r\pi} : \frac{N'D'}{2r'\pi},$$

oder wenn man der Einfachheit wegen $r = r'$, also Röhren gleichen Querschnitts wählt:

$$d : d' = ND : N'D'.$$

Nun ist aber $N = n . v = n . \frac{p}{s}$, worin v, p, s Volum, absolutes und specifisches Gewicht der wirksamen Substanz bedeuten, n die Anzahl der Molecule in der Volumeinheit; andererseits kann man für n setzen $\frac{s}{a}$, worin a die Atomzahl, demnach verwandelt sich die obige Proportion in:

$$d : d' = \frac{Dp}{a} : \frac{D'p'}{a'} \text{ oder: 1) } D : D' = \frac{ad}{p} : \frac{a'd'}{p'}$$

für $a = a'$ wird daraus: 2) $D : D' = \frac{d}{p} : \frac{d'}{p'}$, eine Formel, deren man sich bedienen kann, um das moleculare Drehungsvermögen derselben Substanz in verschiedenen Temperaturverhältnissen und chemischen Zuständen der Auflösung und Verbindung zu bestimmen. Wählt man p und p' so, daſs $\frac{a}{p} = \frac{a'}{p'}$ so hat man 3) $D : D' = d : d'$; dann giebt

also

also das Verhältnifs der abgelesenen Drehungen genau das Verhältnifs der Drehungsvermögen in den zum Vergleichungspunkte gewählten Normalzuständen.

Um den Zusammenhang dieser Formeln mit denen des Hrn. Biot zu zeigen, gehe ich auf die obige: $d = \frac{ND}{2r\pi}$ zurück; für $2r\pi$ kann man setzen $\frac{V}{l} = \frac{P}{\sigma.l}$, worin P das absolute, σ das specifische Gewicht der Auflösung für N, wie oben gezeigt: $nv = \frac{p}{a}$ mithin:

$$d = \frac{p\,D\,l\,\sigma}{P\,a},\quad \frac{D}{a} = \frac{d}{\varepsilon.\sigma.l} \text{ worin } \varepsilon = \frac{p}{P}.$$

Dieſs ist die Formel, welche Hr. Biot anwendet, darnach die von ihm mit (α) bezeichnete Gröfse $= \frac{D}{a}$, $D = a.(\alpha)$, wie oben bereits erwähnt wurde.

Die Löslichkeits-Verhältnisse, so wie Mangel an Substanz haben es mir nicht immer gestattet, den Atomgewichten proportionale Mengen für die Beobachtung zu wählen. In solchen Fällen habe ich mich der Formel 1) zur Berechnung bedient, welche freilich nur unter der Voraussetzung ein in die allgemeine Reihe passendes Resultat giebt, dafs das moleculare Drehungsvermögen der untersuchten Substanz von der veränderlichen Menge des Lösungsmittels wenig oder gar nicht abhängig sey. Die Unzulässigkeit dieser Annahme für Weinsteinsäure ist durch Hrn. Biot erwiesen; für die meisten Substanzen scheint sie, wenigstens in den hier in Rede stehenden Gränzen, gemacht werden zu dürfen. Die nahe Uebereinstimmung meiner Beobachtungen mit denen des Hrn. Biot ergiebt sich aus folgenden Zahlen:

für Zucker: $\frac{D^r}{a} = (\alpha)_r = 0{,}552$ (Biot) (für rothes Licht).

1) $\frac{D^r}{a} = 0{,}545$
2) $\frac{D^r}{a} = 0{,}553$
3) $\frac{D^r}{a} = 0{,}545$

} aus meinen Versuchen nach der Formel: $\frac{D^r}{a} = \frac{d^r}{\varepsilon.\sigma.l}$

das Mittel: $m = \overline{0{,}548}$.

Die kleine Differenz hat wahrscheinlich ihren Grund in der geringen Reinheit des von mir angewandten Zuckers. Um eine Grundlage für die Vergleichung zu gewinnen, habe ich das moleculare Drehungsvermögen des Zuckers = 100 gesetzt und darauf alle anderen Körper bezogen. Die so erhaltenen Werthe finden sich auf der beigegebenen Tabelle zusammengestellt.

Aufserdem habe ich noch eine Reihe von Beobachtungen mit ätherischen Oelen angestellt. Die gefundenen Resultate stimmen im Wesentlichen mit den Biot'schen überein; auch scheint mir ihre Mittheilung schon deshalb ohne Interesse, weil die Zusammensetzung der Oele oder vielmehr der Oelgemische, mit denen man arbeitet, so sehr schwankend ist, und daher stets von einander abweichende Drehungswerthe erhalten werden. Ich will daher nur folgende Beobachtungen als neu anführen:

Ol. Succini albiss.	150^{mm}	— 12°	weifs. Licht
Ol. Ricini -	-	+ 6°	weifs. Licht
Ol. Crotonis -	-	+ 8°	roth. Licht
Balsamus Copaivae	39^{mm}	— 4°,5	weifs. Licht.

Letzteres ist wahrscheinlich nur in Folge seines Oelgehaltes wirksam; wenigstens drehen die harzigen Rückstände des Lavendel- und Terpentin-Oels die Polarisationsebene nicht, ebenso wenig die alkoholische Auflösung anderer Harze, und wo man eine Drehung findet (bei *Sandarac, Elemi, Mastix*) ist dieselbe, leicht nachweislich, ebenfalls Folge des Oelgehaltes.

Eine sehr grofse Menge chemischer Verbindungen fand sich, wenigstens in den mir zu Gebote stehenden Quantitäten, auch bei Anwendung eines gröfseren Apparats mit 400^{mm} langer Röhre durchaus unwirksam. Ich führe nur Thein und Caffein an, zur Widerlegung der Ansicht, als käme das Vermögen, die Polarisationsebene des Lichts zu drehen, hauptsächlich den stickstoffreichen Substanzen zu.

Name der Substanz.	Gelöste Gewichtsmenge.	Lösungsmittel.	Grade der Drehung. weifs. Licht	Grade der Drehung. roth. Licht.	Atomgewicht.	Moleculares Drehungsvermögen.
Rohrzucker	4309^{mgr}	Wasser	+ 32°,5	+ 25°	2154,5	+ 100 weifs. L.
Nicotin	1301	Alkohol	— 16			
» mit Salzsäure	»	»	+ 1 (?)			
Santonin	500	»	— 9	— 6,7	3005	— 332,3 weifs. L.
Haematoxylin	1849	»		+ 13,5		
Jalappin	2000	»		— 7		
Campher	6000	»	+ 31	+ 22	963,8	+ 30,7 weifs. L.
Phloridzin	2377	»	— 11	— 8,7	2082,5	— 59,2 weifs. L.
Chinin	1782	»	— 24	— 20	2055,5	— 174 weifs. L.
	891	»	— 12,5	— 9,65		
» mit Salpetersäure	»	»	— 17			— 241,4
» mit Phosphorsäure	»	»	— 15			— 213
Schwefelsaures Chinin	1000	Wasser mit 8	— 24,5	— 16,7		
Valeriansaures Chinin	»	Alkohol	— 16	— 13		
Salzsaures Chinin	500	»	— 10			
Cinchonin	454	»	+ 12		1942	+ 315,8
» mit Oxalsäure	494	»	+ 12,5			+ 302
» mit Phosphorsäure	952	»	+ 23,5			+ 295
» mit Salpetersäure	930	»	+ 20			+ 257
» »	465	»	+ 10			
Chinidin	374	»	+ 9,5	+ 8		
» mit Salpetersäure	»	»	+ 9,75			
» mit Phosphorsäure	»	»	+ 10			
» mit Salzsäure	»	»	+ 10			
» mit Schwefelsäure	»	»	+ 11,5			

Name der Substanz.	Gelöste Gewichts-menge.	Lösungsmittel.	Grade der Drehung.		Atomge-wicht.	Moleculares Dre-hungsvermögen.
			weifs. Licht.	roth. Licht.		
Brucin	984mgr	Alkohol	— 8°		3448	— 172,5 weifs. L.
» mit Phosphorsäure	»	»	0			
Narcotin mit Schwefelsäure	936	Wasser	+ 5 ,5		4684	+ 169
Essigsaures Morphim.	490	»	— 4			
Salzsaures Codeïn	578	»	— 5			
Ol. cubebar. aeth.	7460	Alkohol	— 33 ,5			
Ol. Valerian. aeth.	7480	Aether	— 15 ,5			
Balsamus Copaivae	7560	Aether mit Alkohol	— 11 ,5			

IV. *Beiträge zur Conchyliometrie;*

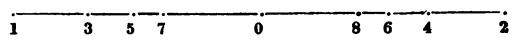
von J. H. T. Müller.
Director des Realgymnasiums zu Wiesbaden.

Die von den DDr. G. und F. Sandberger angestellten Untersuchungen über die *Goniatiten* des Rheinischen Schichtensystems (s. der Verf. Systematische Beschreibung und Abbildung der Versteinerungen des Rheinischen Schichtensystems in Nassau. Wiesbaden 1850. 2. Lief.) führten bei der grofsen Regelmäfsigkeit dieser Conchylien auf die Frage nach dem Windungsgesetze ihres Gehäuses. Zu dessen Ermittelung wurden von denselben zwei Exemplare von *Goniatites bifer Phill. Var. Delphinus Sandb.* und eines von *Goniatites carinatus Beyr.* sorgfältig geschliffen, so dafs die erhaltene Ebene als der wahren Windungsebene sehr nahe kommend anzunehmen war. Diese drei Exemplare waren unter einer sehr grofsen Anzahl der betreffenden Arten die einzigen, welche sich zum Anschleifen eigneten. Das Versteinerungsmittel derselben ist nämlich ein gefärbter, nur wenig späthiger Kalk, in welchem allein, und auch dann noch selten genug, sich die inneren Windungen deutlich erhalten haben.

Da das Windungsgesetz der Goniatiten bisher noch nicht untersucht worden ist, so theile ich die Ergebnisse der von mir ausgeführten Berechnung hier mit, wozu G. Sandberger die erforderlichen Messungen gemacht hat.

Dieselben sind in Ermangelung anderer Apparate mittelst eines sehr sorgfältig gearbeiteten Zirkels und eines gläsernen Metermaafsstabes mit grofser Genauigkeit ausgeführt worden. Auf die Messung der Vectoren der auf einer Axe liegenden Punkte der Curve wurde, wie C. F. Naumann (Ueber die Spiralen der Konchylien Lpz. 1846) bereits gethan, verzichtet, weil der Mittelpunkt der Curve sich kaum mit Sicherheit angeben läfst und weil, selbst im günstigern Falle, durch das öftere Einsetzen der Zirkelspitze in denselben die späteren Messungen immer unsicherer ge-

worden wären. Das dort beobachtete Verfahren, blofs die Durchmesser



1 2, 3 4, 5 4.., und aufserdem zur Controle die Windungsabstände 1 3, 2 4, 3 5, 4 6.., zu messen, habe ich, weil die letzteren bald sehr klein werden und daher gröfsere Messungsfehler veranlassen, etwas abändern zu müssen geglaubt. Ich messe nämlich aufser den Durchmessern

1 2, 3 4, 5 6..,

noch die beiden Reihen von Durchmessern:

1 4, 2 5, 3 6.., und 2 3, 4 5, 6 7..,

und *berechne* hieraus auf *doppelte* Weise die Windungsabstände, indem $1\,3 = 1\,2 - 2\,3 = 1\,4 - 3\,4$ ist. Die Vergleichung beider Unterschiede, deren arithmetisches Mittel für den Windungsabstand zu nehmen ist, gewährt noch den Vortheil, dafs etwaige Versehen in den Messungen dadurch sogleich zum Vorschein kommen.

Im Uebrigen bin ich bei der Untersuchung der beiden Exemplare von *Goniatites bifer*, welche hier mit *A* und *B* bezeichnet werden sollen, der zuerst von Naumann a. a. O. angewendeten Methode gefolgt. Nach dieser wird demnächst ermittelt, ob die von ihm mit p bezeichneten Quotienten der Durchmesserdifferenzen, nämlich:

$$\frac{12-34}{34-56}, \frac{34-56}{56-78}\cdots,$$

denen ich noch die folgenden

$$\frac{14-36}{36-58}, \frac{36-58}{58-710}\cdots \text{ und } \frac{23-45}{45-67}, \frac{45-67}{67-89}\cdots,$$

zugefügt habe, nahe gleich grofs sind, und dann, mit Hülfe von p, im Mittel

$$a = \tfrac{1}{2}(12 - p.34) = \tfrac{1}{2}(34 - p.56) = ..$$

d. i. der Parameter der Naumann'schen Konchospirale berechnet. Da sich an beiden Exemplaren a als *positiv* ergeben hat, so sind ferner hieraus die Radien

$$01, 02, 03, 04, 05.., = r_1, r_2, r_3, r_4, r_5..,$$

mittelst der Naumann'schen Formeln

$$r_{2a+1} = \frac{p^{\frac{1}{2}}(p^{\frac{1}{2}}+1).d+a}{(p^{\frac{1}{2}}+1)^2};\quad r_{2a+2} = \frac{(p^{\frac{1}{2}}+1).d-a}{(p^{\frac{1}{2}}+1)^2}$$

berechnet worden, wo a die Reihe der natürlichen Zahlen von Null an und für

$$a=0,\ 1,\ 2,\ 3,$$

beziehungsweise d die Durchmesser

$$1\,2,\ 3\,4,\ 5\,6,\ 7\,8..,$$

bezeichnet.

Nachdem auf diese Weise die successiven Vectoren berechnet worden, habe ich die Summen

$$r_1+r_2,\ r_2+r_3,\ r_3+r_4..,$$

mit den gemessenen Durchmessern

$$1\,2,\ 2\,3,\ 3\,4..,$$

und die Unterschiede

$$r_1-r_3,\ r_2-r_4,\ r_3-r_5..,$$

mit den oben gefundenen Windungsabständen

$$1\,3,\ 2\,4,\ 3\,5..,$$

verglichen.

Zur Entscheidung endlich, ob die Curve eine logarithmische oder eine Koncho-Spirale sey, habe ich die Näherungswerthe der Quotienten der successiven Vectoren

$$\frac{r_2}{r_1},\ \frac{r_3}{r_2},\ \frac{r_4}{r_3},\ \frac{r_5}{r_4}...,$$

gesucht, welche schärfere Resultate geben, weil diese Zahlen einander näher stehen, als bei den Quotienten der auf einerlei Seite vom Mittelpunkte liegenden Radien:

$$\frac{r_3}{r_1},\ \frac{r_4}{r_2},\ \frac{r_5}{r_3}...,$$

Je nachdem dann diese Quotienten einander gleich oder ungleich sind, ist die fragliche Curve eine logarithmische, oder eine Koncho-Spirale.

Nach dieser kurzen Andeutung des Ganges der Rechnung, für Diejenigen, denen die schöne Naumann'sche Abhandlung vielleicht nicht augenblicklich zur Hand ist, lasse ich die Berechnung von *Goniatites bifer A* und *B* hier folgen, welcher je *zwei* Messungen auf zwei auf einander senkrechten Axen x und y zu Grunde liegen.

Es sind gemessen worden an

A.		Goniatites bifer.	*B.*	
auf x.	auf y.	die Durchmesser.	auf x.	auf y.
28,8	25,4	1 2	19,7	17,5
18,5	16,5	3 4	12,5	11,1
12,0	10,5	5 6	7,8	6,9
7,1	6,1	7 8	4,5	3,8
3,9	3,0	9 10		
24,2	21,7	1 4	16,4	14,7
15,6	14,0	3 6	10,5	9,3
9,8	8,6	5 8	6,4	5,7
5,5	5,0	7 10		
23,0	20,1	2 3	15,6	13,9
15,0	13,4	4 5	10,0	8,6
9,4	8,0	6 7	5,9	5,1
5,1	4,4	8 9		

Bildet man von den Zahlen jedes Feldes die erste Differenzreihe und berechnet die Näherungswerthe der Quotienten der auf einander folgenden Glieder einer jeden dieser Reihen, so geben diese, für das eine wie für das andere Exemplar mit nur wenigen, für derartige Messungen unbedeutenden, Abweichungen, den constanten Werth von $\frac{3}{7}$ für p.

Mit Hülfe von p sind jetzt aus den successiven Durchmessern nach der oben angegebenen Weise die verschiedenen Werthe des Parameters a berechnet worden, welche sämmmtlich positiv waren. Das arithmetische Mittel hiervon giebt:

für *Goniat. bif. A*, $a=0{,}52$;
für *Goniat. bif. B*, $a=0{,}48$.

Den aus a und p und den gemessenen Stücken berechneten Vectoren füge ich noch zur Vergleichung die Werthe der Durchmesser bei, wie sie die Summirung je zweier auf einander folgenden Vectoren und wie sie die unmittelbare Messung giebt.

Goniatit. bif. *A.*

Auf der Axe *x.*			Auf der Axe *y.*		
Vectoren.	Durchmesser berechnet.	Durchmesser gemessen.	Vectoren.	Durchmesser berechnet.	Durchmesser gemessen.
15,96	28,8	28,8	14,08	25,4	25,4
12,84	23,1	23,0	11,31	20,5	20,1
10,29	18,5	18,5	9,19	16,5	16,5
8,21	14,9	15,0	7,31	13,2	13,4
6,71	12,0	12,0	5,88	10,5	10,5
5,29	9,3	9,4	4,62	8,1	8,0
4,01	7,1	7,1	3,46	6,1	6,1
3,09	5,3	5,1	2,64	4,4	4,4
2,25	3,9	3,9	1,76	3,0	3,0
1,65			1,24		

Goniatit. bif. *B.*

Auf der Axe *x.*			Auf der Axe *y.*		
Vectoren.	Durchmesser berechnet.	Durchmesser gemessen.	Vectoren.	Durchmesser berechnet.	Durchmesser gemessen.
10,94	19,7	19,7	9,73	17,5	17,5
8,76	15,7	15,6	7,77	14,0	13,9
6,98	12,5	12,5	6,21	11,1	11,1
5,52	9,9	10,0	4,89	8,8	8,6
4,39	7,8	7,8	3,89	6,9	6,9
3,41	6,0	5,9	3,00	5,2	5,1
2,57	4,5	4,5	2.19	3,8	3,8
1,92			1,61		

Die Vergleichung der Windungsabstände, wie sie sich aus den Vectorenunterschieden und aus den gemessenen Diametern ergeben, habe ich zur Raumersparnifs weggelassen.

Aus dieser Zusammenstellung ergiebt sich, dafs die Resultate der Rechnung mit den Messungen überraschend genau übereinstimmen. Die etwas gröfseren Abweichungen in *Gon. bif. A* auf der Axe *y* haben ihren Grund in der Beschaffenheit des Konchyls, welches dort etwas undeutlich war.

Es bleibt nun noch zu untersuchen, ob die Curven dieser Goniatiten Koncho- oder logarithmische Spiralen seyen, d. h. ob die Quotienten der successiven Vectoren constant oder veränderlich seyen.

In der folgenden Tabelle sind die Näherungswerthe dieser Quotienten zur Erleichterung der Uebersicht dicht neben einander gestellt worden.

Goniat. bif. *A*.			Goniat. bif. *B*.		
Vectoren auf *x*.	Quotienten der Vectoren.	Vectoren auf *y*.	Vectoren auf *x*.	Quotienten der Vectoren.	Vectoren auf *y*.
15,96		14,08			
	$\frac{4}{5}$ $\frac{4}{5}$				
12,84		11,31	10,94		9,73
	$\frac{4}{5}$ $\frac{4}{5}$			$\frac{4}{5}$ $\frac{4}{5}$	
10,29		9,19	8,76		7,77
	$\frac{4}{5}$ $\frac{4}{5}$			$\frac{4}{5}$ $\frac{4}{5}$	
8,21		7,31	6,98		6,21
	$\frac{4}{5}$ $\frac{4}{5}$			$\frac{4}{5}$ $\frac{4}{5}$	
6,71		5,88	5,52		4,89
	$\frac{4}{5}$ $\frac{4}{5}$			$\frac{4}{5}$ $\frac{4}{5}$	
5,29		4,62	4,39		3,89
	$\frac{3}{4}$ $\frac{3}{4}$			$\frac{3}{4}$ $\frac{3}{4}$	
4,01		3,46	3,41		3,00
	$\frac{3}{4}$ $\frac{3}{4}$			$\frac{3}{4}$ $\frac{3}{4}$	
3,09		2,64	2,57		2,19
	$\frac{3}{4}$ $\frac{3}{5}$			$\frac{3}{4}$ $\frac{3}{4}$	
2,25		1,76	1,92		1,61
	$\frac{3}{4}$ $\frac{2}{5}$				
1,65		1,24			

Aus dem Bisherigen ergiebt sich Folgendes:

1. In *beiden* Exemplaren von *Goniatit. bifer* ist der Windungsquotient p übereinstimmend $= \frac{3}{2}$.
2. Die Werthe der beiden Parameter 0,52 und 0,48 weichen nur um 0,04 von einander ab und sind daher nahezu ebenfalls einander gleich.
3. Die Näherungswerthe der Vectorenquotienten stimmen mit zwei Ausnahmen auf der Axe y in A, welche keine so exacten Messungen zuliefs, nicht nur unter sich völlig überein, sondern sie sind auch, wie alles Uebrige, in *beiden* Exemplaren genau dieselben.
4. Auch ist bemerkenswerth, dafs die Vectoren

   auf x und y in B

   von den Vectoren

   auf y und x in A

   auffallend wenig abweichen.
5. Da in beiden Exemplaren die Vectorenquotienten constant erst $\frac{4}{5}$ und dann $\frac{3}{4}$ sind, so ist anzunehmen, dafs die Windungscurve von *Goniat. bifer* aus *zwei logarithmischen Spiralen* mit den Exponenten $\frac{4}{5}$ und $\frac{3}{4}$ besteht.

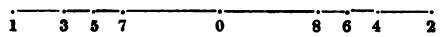
Dadurch, dafs die Curve aus zwei Spiralen besteht, wird man jetzt veranlafst, die verschiedenen Werthe von a in zwei Gruppen zu theilen und von jeder einzeln das arithmetische Mittel zu nehmen. Dann zeigt sich in diesen Mitteln wiederum eine grofse Uebereinstimmung der beiden Parameter für A und B. Hiefür die Rechnung nochmals vorzunehmen, fehlt es mir in diesem Augenblicke an Zeit.

Goniatites curinatus.

An dem Exemplare dieses Konchyls sind die Durchmesser auf *vier* Axen gemessen worden, welche einander unter halben rechten Winkeln schnitten. Das erste Paar der auf einander senkrechten Axen bezeichne ich mit x' und y', das andere Paar mit x'' und y''.

Der erste Näherungswerth von p ergab sich für alle vier Axen mit grofser Uebereinstimmung $= \frac{5}{2}$. Als ich aber hieraus a bestimmen wollte, zeigte es sich, dafs der Werth hiervon *überall negativ* war. Ich mufste daher das bisherige Verfahren aufgeben und mir einen anderen Weg suchen, den ich hier vorweg anzugeben habe.

Da der eben behandelte Goniatit auf eine logarithmische Spirale geführt hatte, so lag die Vermuthung nahe, dafs auch der *G. curinatus* nach diesem Gesetze gewunden seyn werde. Ich ging daher von dieser Voraussetzung aus, berechnete darnach die Vectoren und zwar auf drei verschiedene Weisen, weil in den erhaltenen Ausdrücken die unvermeidlichen Messungsfehler von bedeutenderem Einflusse auf die Resultate sind, nahm hievon die mittleren Werthe und berechnete zuletzt aus diesen näherungsweise die Quotienten der successiven Vectoren jeder Axe.



Wird die vorige Bezeichnungsweise beibehalten, so erhält man als Grundgleichungen

$$r_1 + r_2 = 12;\ r_1 r_3 = r_2 r_2$$
$$r_2 + r_3 = 23;\ r_2 r_4 = r_3 r_3$$
$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots$$

Hieraus ergeben sich dann folgende Beziehungen:

$$r_1 = \frac{(12)^2}{12+23}$$
$$r_2 = \frac{(23)^2}{23+34} = \frac{12 \,.\, 23}{12+23}$$
$$r_3 = \frac{(34)^2}{34+45} = \frac{23 \,.\, 34}{23+34} = \frac{(23)^2}{12+23}$$
$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots$$

Aufserdem ist noch

$$r_1 = \frac{(23)^3}{(23+34)\,.\,34} = 14 - r_4$$
$$r_2 = \frac{(34)^3}{(34+45)\,.\,45}.$$

Die aus den letztern Gleichungen für r_1, r_2 erhaltenen Werthe sind in der Tabelle eingeklammert. Auch bezeich-

net r_4 hier den mittleren Werth aus den drei berechneten Werthen.

Gemessene Diameter.

	Durchmesser auf der Axe.			
	x'.	y'.	x''.	y''.
1 2	25,6	20,5	22,5	18,2
3 4	10,6	8,4	9,4	7,8
5 6	4,6	3,8	4,2	3,5
7 8	2,1	1,9	2,1	1,8
9 10	1,0	1,0	1,0	0,9
1 4	20,0	15,9	17,6	14,2
3 6	8,2	6,8	7,3	6,1
5 8	3,6	3,1	3,3	2,8
7 10	1,6	1,6	1,6	1,5
2 3	16,2	13,1	14,3	11,9
4 5	6,9	5,6	6,2	5,0
6 7	3,1	2,7	3,0	2,4
8 9	1,5	1,5	1,6	1,3

Für die Axen x' und y' mögen hier zur Vergleichung die drei für jeden Vector berechneten Werthe Platz finden; für die drei übrigen Axen dagegen sollen blofs die Mittelwerthe angegeben werden.

	für x'.			für y'.		
r_1	15,67	(14,97)	(15,83)	12,59	(12,45)	(12,54)
r_2	9,79	9,90	(9,87)	7,98	7,99	(7,56)
r_3	6,42	6,41	6,28	5,04	5,12	5,11
r_4	4,14	4,18	4,18	3,34	3,36	3,28
r_5	2,75	2,76	2,72	2,22	2,26	2,24
r_6	1,85	1,85	1,84	1,58	1,58	1,54
r_7	1,22	1,25	1,25	1,06	1,11	1,12
r_8	0,90	0,88	0,85	0,90	0,84	0,79
r_9		0,60	0,62		0,60	0,66

Die erhaltenen *mittleren* Werthe für die Vectoren geben auf dem ersten Axenpaare:

Auf x'.			Auf y'.		
Vectoren.	Durchmesser		Vectoren.	Durchmesser.	
	berechnet.	gemessen.		berechnet.	gemessen.
15,49			12,53		
	25,3	25,6		20,4	20,5
9,85			7,84		
	16,2	16,2		12,9	13,1
6,37			5,09		
	10,5	10,6		8,4	8,4
4,17			3,33		
	6,9	6,9		5,6	5,6
2,74			2,24		
	4,6	4,6		3,8	3,8
1,85			1,57		
	3,1	3,1		2,7	2,7
1,24			1,10		
	2,1	2,1		1,9	1,9
0,88			0,84		
	1,5	1,6		1,5	1,5
0,61			0,63		
	1,0	1,0		1,0	1,0
0,40			0,40		

Auf dem zweiten Axenpaare:

Auf x''.			Auf y''.		
Vectoren.	Durchmesser		Vectoren.	Durchmesser	
	berechnet.	gemessen.		berechnet.	gemessen.
13,59			11,04		
	22,2	22,5		18,3	18,2
8,65			7,27		
	14,3	14,3		12,0	11,9
5,66			4,72		
	9,4	9,4		7,8	7,8
3,71			3,03		
	6,2	6,2		5,1	5,0
2,47			2,03		
	4,2	4,2		3,4	3,5
1,76			1,41		
	3,0	3,0		2,4	2,4
1,20			1,02		
	2,2	2,1		1,8	1,8
0,96			0,76		
	1,6	1,6		1,3	1,3
0,61			0,54		
	1,0	1,0		0,9	0,9
0,38			0,37		

Berechnet man endlich näherungsweise die Quotienten der successiven Vectoren auf jeder der vier Axen, so erhält man Folgendes:

Auf der Axe.	$\frac{r_2}{r_1}$	$\frac{r_3}{r_2}$	$\frac{r_4}{r_3}$	$\frac{r_5}{r_4}$	$\frac{r_6}{r_5}$	$\frac{r_7}{r_6}$	$\frac{r_8}{r_7}$	$\frac{r_9}{r_8}$	$\frac{r_{10}}{r_9}$
x'	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$
y'	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$
x''	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$
y''	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$

Hieraus ergiebt sich für das gemessene Exemplar von *Goniatites curinatus* Folgendes:

1. Der Näherungswerth des Quotienten p ist auf allen vier Axen übereinstimmend $= \frac{5}{7}$, während a durchgängig negativ erscheint.
2. Die mittleren Werthe der auf dreifache Weise berechneten Vectoren geben, wenn man je zwei aufeinander folgende addirt, die Durchmesser der Curve mit den durch Messung gefundenen sehr genau übereinstimmend.
3. Die Näherungswerthe der Quotienten der successiven Vectoren sind auf *allen vier* Axen von r_1 bis zu r_6 *durchgängig* und von r_6 bis zu r_{10} *vorherrschend* $= \frac{2}{3}$, so dafs man zu der Annahme berechtigt ist, dafs die Windungscurve von *Goniat. curinat.* ebenfalls zu den *logarithmischen Spiralen* gehöre.

Zu (3) bemerke ich noch, dafs, wenn auf der Axe y'' die beiden Näherungswerthe $\frac{3}{4}$ durch $\frac{2}{3}$ ersetzt werden, diese letztern Werthe dem wahren Quotienten ebenfalls sehr nahe gleich sind, dafs daher von r_1 an auf x' bis zu r_8 auf x' die Curve sicher *eine* logarithmische Spirale ist. Ob sie später, wie diefs bei *Goniat. bifer* der Fall war, in eine andere solche Spirale übergehe, läfst sich bei der Schwierigkeit einer genauen Messung der letzten sehr klei-

nen Abstände zur Zeit nicht mit Gewifsheit behaupten, mit Wahrscheinlichkeit aber, wegen der Beständigkeit von *p*, so weit die Messungen noch irgend sicher waren, kaum erwarten.

V. *Vielfache Resonanz, optische Phänomene durch schwingende Körper und Theorie des Violinbogens; von Hrn. J. Antoine.*

(*Ann. de chim. et de phys. Sér. III. T. XXVII., p.* 191.)

Hr. Duhamel hat kürzlich eine neue und sinnreiche Theorie über die vielfache Resonanz tönender Körper veröffentlicht. Ich weifs nicht, weshalb er glaubt, dafs man ihm keine Gerechtigkeit widerfahren lasse; der gelehrte Akademiker täuscht sich in dieser Beziehung. Die Physiker werden ihm gerecht seyn, ungeachtet er geringschätzig voraussetzt, sie seyen seit den Zeiten des Pater Mersenne nicht vorgerückt, und ungeachtet diese des Glaubens sind, sie hätten seit langer Zeit eine richtige, einfache und directe Theorie der vielfachen Resonanz.

Ich bedaure, dafs Hr. Duhamel geglaubt hat, sich bei Schilderung des Zustands der Wissenschaft sehr kurz fassen zu müssen. Nur mit Besorgnifs trete ich statt seiner in einer schwierigen Materie auf, die er seit vielen Jahren studirt hat; defsungeachtet wage ich es einen historischen Abrifs zu geben, um die gegenwärtige Lage der Aufgabe besser übersehen zu lassen.

Die Erscheinung der vielfachen Resonanz ist sehr lange bekannt, da schon Aristoteles fragt, aus welchem Grunde die tiefen Töne höhere einschliefsen. Mersenne ist jedoch der erste Physiker, der sie einer Experimental-Untersuchung unterworfen hat.

Die-

Dieser sinnreiche Beobachter ordnete die verschiedenen hohen Töne, welche den Grundton einer Saite begleiten und er fand bei Saiten von verschiedener Natur, Spannung und Dimension dieselbe Reihe. Die supplementären Töne, die er unter günstigen Umständen unterscheiden konnte, sind: der achte, der zwölfte, der funfzehnte, der grofse siebzehnte, der neunzehnte und der zwei und zwanzigste. Mit einiger Geschicklichkeit im Experimentiren ist es leicht die Reihe noch über diese Gränze hinaus auszudehnen. Mersenne klassificirte auch die Töne, welche bei der vielfachen Resonanz von Glocken auftreten, sowie die noch wunderbarere, die zuweilen gleichzeitig bei Orgelpfeifen zum Vorschein kommen.

Bei Aufsuchung der Ursache dieser Vervielfältigung der Töne stellte Mersenne einen Versuch an, der ihm hätte dieselbe entdecken lassen können, allein sein Scharfsinn gerieth auf Abwege und die Wahrheit entging ihm. Er untersuchte die Schwingungen einer langen Saite und da er keine Abtheilung eintreten sah, schlofs er, die Saiten theilten sich nicht bei Entstehung der gleichzeitigen harmonischen Töne, und von nun an suchte er die Erklärung des Phänomens dort, wo sie nicht ist.

Die Theorie der vielfachen Resonanz machte erst Fortschritte, als die Experimental-Analyse die Ursache jener Vervielfältigung von Tönen aufgedeckt hatte, die man isolirt aus einem selben tönenden Körper ziehen kann. Seit langer Zeit wufste man der Trompete eine beträchtliche Reihe successiver Töne zu entlocken; Mersenne klassificirte sie richtig und verglich sie mit den verschiedenen Tönen, die eine und dieselbe Orgelpfeife geben kann; allein er konnte nicht die Ursache derselben entdecken. Die Schwierigkeit war grofs, auch wurde sie nicht zuerst bei Luftsäulen, sondern bei schwingenden Saiten überwunden.

Im J. 1673 machten William Noble und Thomas Pigot den niedlichen Versuch, bei welchem kleine Papierstücke, die man auf einer Saite gleichsam reiten läfst, an gewissen Stellen in Ruhe bleiben, während sie an anderen

abgeworfen werden. Wallis fand die Thatsache so merkwürdig und neu, dafs er glaubte ihr einen Platz in seinem Lehrbuche der Algebra geben zu müssen. Aus den Versuchen von Noble und Pigot geht deutlich hervor, dafs eine und dieselbe Saite neben ihrem Grundton isolirt verschiedene harmonische Töne geben kann, und dafs sie sich dazu in aliquote Stücke theilt, die, getrennt durch unbewegliche Punkte oder Knoten, abwechselnd in entgegengesetztem Sinne schwingen.

Nachdem hiedurch für den besonderen Fall von schwingenden Saiten die Ursache der Erscheinung deutlich nachgewiesen worden, war sie noch zu verallgemeinern. Daniel Bernoulli behandelte durch sinnreiche Versuche den vielleicht schwierigsten Fall der Blase-Instrumente und später unterwarf man auch nach und nach alle möglichen Fälle dem Versuch, somit beweisend, dafs ein tönender Körper eine bedeutende Reihe sehr verschiedener Töne geben kann, und dafs er für jeden derselben in ein System von schwingenden Theilen und Knotenflächen zerfällt.

Es wäre nun vielleicht zweckmäfsig zu untersuchen, welche Verknüpfung stattfinde zwischen der vielfachen Resonanz und der Ursache der verschiedenen Töne, die successiv von einem Körper gegeben werden. Indefs glaube ich wegen des Gebrauchs, den ich davon machen werde, einige Worte über die Methoden sagen zu müssen, welche die Physiker erdacht haben, um einem selben Körper eine verschiedenartige Reihe isolirter Töne zu entlocken.

Als Noble und Pigot ihren kapitalen Versuch machten, kannte man nur ein einziges regelmäfsiges Mittel, einer Saite successiv ihre harmonischen Töne zu entlocken. Man berührte sie nicht, man strich sie nicht direct mit dem Bogen, sondern man erregte in einigem Abstand den verlangten harmonischen Ton, und sogleich setzte sich die Saite in Schwingungen, bildete Knoten und wiederholte diesen Ton. Diese Mittheilung der Bewegung durch die Luft und die Stege der Saite, oder, wie man damals sagte, diese Mittheilung der Töne durch Sympathie, wurde von

Fracastoro entdeckt. Mersenne untersuchte sie sorgfältig und fand, dafs die verschiedenen harmonischen Töne des Grundtons die passendsten sind, um durch Sympathie eine Saite in Schwingungen zu versetzen; er bemerkte auch, dafs die Quinte, Quarte, grofse Terz und andere Consonanzen noch schwache Vibrationen erzeugen, sobald die Saite vollkommen lang und auf ein zweckmäfsiges Instrument aufgezogen ist. Der folgende Fall ist vielleicht des Erwähnens nicht ganz unwerth. Man spannt zwei Saiten auf ein Sonometer und bringt sie so nahe in Einklang, dafs sie, bei gleichzeitigem Schwingen, Schläge geben. Setzt man nun die eine direct in Schwingung, so erleidet die andere, nicht berührte Saite sehr sichtbare Erzitterungen, und bald darauf läfst sie Schläge hören. Dieser Versuch zeigt die Unvollkommenheit einer der Verfahrungsarten, welche man zum Stimmen von Instrumenten angiebt.

Um einer Saite successive die Reihe ihrer harmonischen Töne zu entlocken, erdachte Sauveur später eine zweite Methode, die bequemer und vor allem fruchtbarer ist als die erste. Wie bei dem älteren Verfahren berührte er die Saite nicht und liefs neben ihr den zu erregenden harmonischen Ton erklingen, allein er brachte diesen ersteren erzeugenden Ton dadurch hervor, dafs er die eigene Verlängernng der Saite erschütterte. Die Zahl der auf diese Weise erhaltenen harmonischen Töne ist gewissermafsen unbegränzt, aber freilich sind die höheren Töne nicht so gut charakterisirt als die tieferen. Bei einer Saite von *einem* Meter bestimmte Sauveur defsungeachtet 32, und er konnte sogar 128 vernehmen. Die Sauveur'sche Methode steht in dieser Beziehung weit über der früheren.

Sauveur hat nicht versucht, ob es möglich sey, die Unterabtheilungen der Saite durch directes Streichen mit dem Bogen hervorzubringen. Man kann dahin gelangen, obwohl die Ausführung einige Schwierigkeiten darbietet. Streicht man mit dem Bogen auf der Mitte der Saite, vermeidet aber dabei, ihr die Bewegung im Ganzen einzuprä-

gen, welche den Grundton hervorruft, so vernimmt man anfangs nur ein kreischendes, sehr unangenehmes Knirschen. Diese, von Wallis als schon bekannt bezeichnete Thatsache, entsteht auch, wie Wallis bemerkt, wenn man den Bogen über einen der den aliquoten Theilungen entsprechenden Punkte hinwegführt, mit dem Umstande jedoch, dafs der Ton in dem Maafse weniger unangenehm wird, als die Abtheilungen zahlreicher werden.

Man mufs jedoch nicht glauben, dafs das von Wallis erwähnte Phänomen immer zutrifft. Denn streicht man mit dem Bogen auf der Mitte der Saite, indem man dabei Geschwindigkeit und Druck abändert, so erhält man nach einigen Versuchen zuletzt einen hohen Ton von grofser Reinheit. Sobald dieser Ton voll ist, kann man ihn leicht so lange wie man will unterhalten, selbst wenn man den Druck des Bogens bedeutend erhöht. Auf diese Weise kann man einer Saite die ungeraden harmonischen Töne entlocken.

Leicht ist es bei diesen Versuchen die Bildung und die Lage der Knoten zu erkennen. Giebt die Saite z. B. den 19ten harmonischen Ton, und beobachtet man bei hellem Tageslicht, so erblickt man neunzehn unter sich gleiche Spindeln hinter einander liegen. Die Punkte, wo diese Spindeln sich vereinigen, scheinen unbeweglich zu seyn; berührt man sie sanft mit dem Finger, so ändert man nicht den vom Bogen hervorgerufenen Ton, man verspürt kein Zittern und erhält den Ton unausgesetzt.

Man kann auch das Daseyn der neunzehn schwingenden Stücke nachweisen, wenn man den Bogen successive auf jedes derselben hinführt; der Ton wird dadurch nicht geändert. Kommt man mit dem Bogen einem der Knoten zu nahe, so verschwindet sogleich der harmonische Ton und wird gemeiniglich durch den Grundton ersetzt.

Um die Lage der Knoten zu erkennen, bediene man sich, statt leichte Körper auf der Saite reiten zu lassen, kleiner in der Mitte durchbohrter Papierscheiben oder besser Drahtringe, damit diese Körper nicht abgeworfen wer-

den, wenn die Hervorrufung des harmonischen Tons durch den Bogen nicht beim ersten Strich gelingt.

Die ungeraden Abtheilungen sind nicht die einzigen, welche man durch directe Erschütterung der Saite mit dem Bogen hervorbringen kann. Man erhält auch die geraden Abtheilungen, wenn man in gehöriger Entfernung von den Knoten, welche man bilden will, den Bogen geschickt hinführt. Man erleichtert das Gelingen des Versuchs, wenn man nur auf einem Augenblick einen der Knoten berührt.

Die eben angedeutete Methode kann auch dazu dienen, um in dem Concert von harmonischen Tönen, die für gewöhnlich den Grundton begleiten, gewisse Töne gewaltsam hervortreten zu lassen oder zu unterdrücken.

Nach dieser vielleicht zu langen Abschweifung kehre ich zur Hauptaufgabe zurück. Nachdem die Ursache der successiven Töne, die ein Körper geben kann, durch den Versuch nachgewiesen worden, folgte natürlich die Erklärung der vielfachen Resonanz, eine Erklärung, die dem Pater Mersenne so grofse Schwierigkeiten machte. In der That ist leicht zu begreifen, dafs wenn verschiedene Schwingungsarten, die in einem Körper isolirt stattfinden können, sich gleichzeitig einstellen, eine jede den ihr zukommenden Ton hören lassen wird. Hr. Biot hat diese Theorie mit Eleganz entwickelt und seitdem sieht man sie in physikalischen Werken wiederholt. Ich weifs nicht, weshalb Hr. Duhamel geglaubt hat, ihrer nicht einmal erwähnen zu müssen.

Die Richtigkeit der allgemein angenommenen Theorie von der vielfachen Resonanz wird gewissermafsen augenfällig bestätigt bei dem Phänomen der vielfachen Saiten und Stäbe, welches man vernimmt, wenn man mehre Töne zugleich ansprechen läfst. Um zu zeigen, welch ergänzender Beweis in diesem Phänomene liege, braucht man seine Aufmerksamkeit nur auf die Thatsachen zu richten.

Wenn ein in A befestigter Stab AB (Fig. 12. Taf. IV des Bandes LXXX) um seine Gleichgewichtslage AB zwischen den Gränzlagen AC und AD schwingt, in einer Am-

plitude, welche seine Dicke übertrifft, so sieht man zwei vollkommen deutliche und wie an den Orten AC und AD unbewegliche Bilder des Stabes. Der Stab durchläuft jede intermediäre Lage sehr rasch und kommt in den äufsersten Lagen AB und AD mit Geschwindigkeiten an, die sich anulliren und darauf in unmerklichen Graden wieder entstehen. Die Bilder, welche der Stab auf der Netzhaut hervorruft, wenn er sich in den den kleinsten Geschwindigkeiten benachbarten Lagen befindet, da, wo er eine verhältnifsmäfsig ziemlich lange Zeit fast unbeweglich ist, müssen lebhafter seyn als die in den übrigen Lagen und daher die beobachtete Erscheinung. Auch nähern sich die beiden deutlich sichtbaren Bilder des Stabes nach und nach in dem Maafse als die Amplitude der Schwingungen abnimmt.

Ist der Stab zugleich mit einer schwingenden und einer fortschreitenden Bewegung begabt, so wird man, statt zwei Bilder, eine sehr bedeutende Anzahl von Bildern sehen können, die auf dem ganzen Wege, welche die fortschreitende Bewegung den Stab durchlaufen läfst, regelmäfsig vertheilt sind. Hält man z. B. ein Messer in der Mitte, schlägt mit seinem Ende auf einen festen Gegenstand und läfst es frei aufspringen und vibriren, so gewahrt man zehn, zwanzig, dreifsig Messer regelmäfsig vertheilt vor dem Gegenstande. Schlägt man einen Gegenstand mit einem Violinbogen, so erblickt man mehrere Bilder des Bogens, die jedes vollkommen und sehr deutlich alle Theile des Bogens darstellen.

Diese vielfachen Bilder erklären sich leicht. Gesetzt ein Stab AB (Fig. 13. Taf. IV Bd. LXXX) sey nach AC abgelenkt, darauf sich selbst überlassen und zugleich einer Fortbewegung ausgesetzt, die den Punkt A längs der Linie AM wegführt. Nehmen wir auf AM Längen AA', $A'A''$ $A''A'''$... die von dem Punkt A in der Zeit durchlaufen werden, in welcher eine einfache Schwingung vollendet wird. Sobald der Punkt A in A' ist, wird der Stab in $A'D'$ seyn, am Ende seiner ersten einfachen Schwingung,

Stab seine zweite, dritte, ... Schwin-
gen $A'C'$, $A'''D'$, ... vollenden. Diese La-
sehr nahe, welche den Minimis der Ge-
entsprechen; die übrigen Lagen werden sehr
aufen, und deshalb sieht man in den Lagen
$A''C'$, $A'''D'$... die Bilder des Stabes deutlich.
sie bei angemessener Fortbewegung gleichzei-
n.

schwingenden Saiten bieten uns anologe Erschei-
en dar. Gesetzt die erschütterte Saite gebe ihren
ndton kräftig und ihre harmonischen Töne nur schwach.
sdann sieht man zwei sehr deutliche Bilder in den äu-
sersten Lagen AmB, $Am'B$ (Fig. 14. Taf. IV. Bd. LXXX),
und zwar an den Orten, wo die Geschwindigkeit der Saite
Null ist oder sehr klein gegen die, mit welcher sie die in-
termediären Lagen durchläuft.

Streicht man mit dem Bogen so, dafs man nur die Octave des Grundtons hervorruft, so sieht man zwei gleiche Spindeln hinter einander, von denen jede zwei Bilder von der Saite in den Lagen giebt, wo ihre Geschwindigkeit sich annullirt, also in AnM, $An'M$, MpB, $Mp'B$ (Fig. 15. Taf. IV. Bd. LXXX). Diese Erscheinungen sind unmittelbare Folgen des Zerfallens der Saite in zwei für sich schwingende Stücke.

Entlockt man einer Saite den Grundton und zugleich dessen Octave, so, dafs diese beiden Töne sehr kräftig sind gegen die übrigen harmonischen Töne, die wir als sehr schwach annehmen, so sieht man vier Bilder von der Saite, gelagert wie die Figur es andeutet. Nach der insgemein angenommenen Erklärung der vielfachen Resonanz beim Schwingen der ganzen Saite, schwingen die beiden Hälften für sich, und nehmen dabei entgegengesetzte Krümmungen an. Daraus folgt, dafs wenn die Saite ihre Lage AB (Fig. 16. Taf. IV. Bd. LXXX.) verläfst, um sich in die Curve $AaCbB$ zu begeben, die erstere Hälfte AC der Saite in AB, z. B. die Concavität derselben vorstellen wird, und die zweite Hälfte CB die Convexität derselben. Während

dieses Transports streben die verschiedenen Punkte der Saite successive ihre Geschwindigkeiten zu annulliren, und die Curve *AaCbB* ist der Ort, welchen die verschiedenen Punkte der Saite erreichen, sobald ihre Geschwindigkeit vernichtet ist.

Nachdem die Saite sich, wie angegeben, gekrümmt hat, nimmt sie entgegengesetze Krümmungen an, kehrt darauf zu den anfänglichen zurück und so fort. Während dieser Gestaltveränderung gehen die Punkte der Saite aus dem Ort *AaCbB* in den Ort *AeCfB*, wo ihre Geschwindigkeiten sich successiv annulliren, darauf in den Ort *AgHkB*, wo ihre Geschwindigkeiten wieder Null sind, dann in den Ort *AmHnB*, wo die Geschwindigkeiten zum vierten Male Null werden, und endlich kehren sie zu dem Ort *AaCbB* zurück, wo die Geschwindigkeiten anfangs Null waren, und wo sie abermals successiv für jeden Punkt verschwinden, wenn man die Abnahme der Schwingungs-Amplituden vernachlässigt.

Aus diesen Betrachtungen folgt, dafs sich während einer vollständigen Schwingung der Saite vier bestimmte Orte bilden, in denen die Punkte der Saite successive ohne Geschwindigkeit anlangen, nachdem sie die intermediären Lagen, mit grofser Schnelligkeit durchlaufen haben. Daraus entspringt dann die Erscheinung von vier besonderen, den Linien der Figur gemäfs, gekrümmten Saiten und dem zufolge auch die Erklärung der Erscheinung. Aus diesen selben Betrachtungen folgt auch, dafs die Saite zu vier verschiedenen Malen auf die Luft stöfst, beim Uebergange von *AaCbB* in *AeCfB*, von dieser Lage in die *AgHkB*, darauf in die Lage *AmHnB*, und endlich in die ursprüngliche *AaCbB*. Die vier Stöfse sind nicht identisch; in der ersten und dritten stofsen die beiden Hälften der Saite die Luft in entgegengesetztem Sinn, während die Saite, in der zweiten und vierten, die Luft in gleichem Sinn mit allen Punkten trifft, fast wie wenn sie sich ohne Theilung bewegte. Daraus folgt, dafs in der Reihe von Stöfsen, welche das Trommelfell des Ohrs empfängt, bei jedem zweiten Stofs

der auf uns gemachte Eindruck etwas Besonderes haben mufs, und die periodische Wiederkehr dieses Phänomens mufs die gleichzeitige Empfindung zweier um eine Octave verschiedener Töne auf uns machen. Diefs ist genau die Thatsache, die beobachtet wird und erklärt werden soll.

Alle obigen Betrachtungen lassen sich bestätigen, wenn man den Versuch so ausführt, wie eben beschrieben.

Bei gehöriger Führung des Bogens schwächt man die Octave des Grundtons; die Spindeln *AaCe, CbBf, AgHm,* und *HKBn* werden schmäler und endlich, wenn die Octave sehr schwach geworden, unmerklich.

Schwächt man dagegen den Grundton, so verbleiben die Spindeln, aber die Theile *C* und *H* kommen einander näher, streben zusammenzufallen und thun es wirklich, wenn man den Grundton schweigen läfst.

Leicht bestimmt sich die Gestalt der Curven, in welchen die verschiedenen Punkte der Saite successive ohne Geschwindigkeit anlangen, und die Dauer, welche jeder Punkt zum Uebergange von einer Curve zur anderen gebraucht; es geschieht mittelst der Gleichung

$$g = \alpha . \sin \frac{\pi x}{l} . \sin \frac{\pi a t}{l} + \beta \sin \frac{2\pi x}{l} . \sin \frac{2\pi a t}{l},$$

welche eine der bei Saiten möglichen Bewegungen vorstellt und speciell die von uns betrachtete vorstellen kann.

Um übrigens die Wirkungen der Combination zweier Schwingungsbewegungen auf einen Körper nachzuweisen, braucht man nur die Bewegungen etwas langsam hervorzubringen, damit man die Phasen leicht verfolgen könne. Man erreicht diefs leicht, mittelst eines langen Stabes, den man als Ganzes schwingen läfst und während dieser Schwingungen so schlägt, dafs eine doppelte Schwingungsbewegung erfolgen mufs. Dieser Versuch ist nicht ohne Interesse.

Ich setze die Analyse dieser Erscheinungen nicht weiter fort, spreche auch nicht von den sonderbaren Erscheinungen, die eine schwingende Saite darbietet, wenn man sie sich selbst überläfst. Was ich eben entwickelt habe, ist hin-

reichend, um die Erklärung der gleichzeitigen harmonischen Töne, wie man sie aus den fundamentalen Versuchen von Pigot, Noble und Sauveur hergeleitet hat, den Augen vorzuführen.

Untersuchen wir jetzt die von Hrn. Duhamel vorgeschlagene Erklärung der vielfachen Resonanz. Wir wollen hiebei speciell die schwingenden Saiten betrachten, da sie das eleganteste und interessanteste Beispiel von vielfacher Resonanz darbieten. Um die Einzelheiten, in welche wir bereits eingetreten sind, abzukürzen und zu benutzen, wollen wir annehmen, die Saite gebe zugleich ihren Grundton und dessen Octave.

In einer ersten Abhandlung stellt Hr. Duhamel folgenden Satz auf: Wird ein Körper erschüttert durch mehre Ursachen, die für sich die einfachen Töne erzeugen würden, welche er zu geben vermag, so theilt sich gewöhnlich die Oberfläche in eine gewisse endliche Zahl von Theilen, in deren jedem die Schwingungen ungleiche Dauer haben. Diese verschiedenen Dauern beziehen sich auf die den verschiedenen Ursachen entsprechenden Töne und man befindet sich in demselben Fall, wie wenn man mehre getrennte Flächen hätte, deren jede eine eigenthümliche Schwingungsbewegung besäfse.

Bei der schwingenden Saite, welche den Grundton und dessen Octave giebt, ist die Mitte der einzige Punkt, dessen Schwingungen in Dauer von den der übrigen Punkte abweicht; ich finde hier nicht zwei endliche Saitenstücke, bei deren jedem die Schwingungen ungleiche Dauer hätten. Vielleicht wird man sagen, dafs eins der beiden endlichen Stücke sich auf einen Punkt oder einen Umfang der Saitenmitte reducire; allein dann würde der Satz nichts Neues seyn bei Saiten. Uebrigens scheint mir diese Auslegung nicht zulässig zu seyn, denn nach dem Satz mufs man sich in demselben Fall befinden, wie wenn man mehre getrennte Flächen hätte, deren jede eine besondere Schwingungsbewegung besäfse; dann entspränge der Grundton lediglich aus den Schwingungen der Mitte der Saite d. h. eines ein-

zigen Punktes, und diese wären also unwahrnehmbar gegen die Schwingungen, welche die Octave geben. Bekanntlich aber kann der Grundton sehr stark seyn und, wie wir gesehen, erzeugt, nach der gewöhnlichen Theorie der Resonanz, die Saite diesen Ton, in dem sie mit allen ihren Punkten auf die Luft schlägt.

In derselben Abhandlung wiederholt Hr. Duhamel den obigen Satz in einem bedeutend anderen Sinn, indem er sagt, dafs jeder Ton der Resonanz in einem oder mehren Theilen der Oberfläche existire und darin allein merklich scheine. Die Isolirung jedes Theils ist also nicht absolut, sondern nur angenähert; allein bei dieser Auslegung erlaubt der Satz des Hrn. Duhamel der Saite den Grundton dadurch zu erzeugen, dafs sie mit allen ihren Punkten gegen die umgebende Luft schlägt; nur die Stärke der Schläge variirt in der ganzen Ausdehnung der Saite und sie könnte in einem endlichen Stück der Saite, in Bezug auf andere Theile, sehr grofs seyn. In diesem Sinn wäre der Satz nicht eben neu.

Im zweiten Theile seiner Abhandlung wird Hr. Duhamel deutlicher; er giebt den absoluten Sinn der ersten Form seines Satzes, d. h. das, was wahrhaft neu seyn würde, gänzlich auf, und nimmt an, was bei weitem nicht neu ist, dafs es bei der vielfachen Resonanz eines Körpers, Stücke der Oberfläche gebe, die nur einen einzigen Ton zu liefern scheinen, obgleich man sich überzeugen kann, dafs sie dennoch andere hervorbringen. Irre ich mich nicht, so will diefs bei der schwingenden Saite sagen, dafs die Mitte der Saite nicht direct zur Hervorbringung der Octave mitwirke, und dafs die dieser Mitte nahe liegenden Theile nur in wenig merklicher Weise dazu beitragen.

Im zweiten Theile seiner Abhandlung adoptirt Hr. Duhamel die herkömmlichen Ideen über die vielfache Resonanz der Körper vollständig; allein er stellt sie unter einer ihm eigenen Form dar, die wir jetzt näher untersuchen wollen.

Er nimmt an, dafs, wie jeder weifs, wenn eine Saite

den Grundton und dessen Octave angiebt, ihre Schwingungsbewegung aus zwei Bewegungen besteht, die der isolirten Erzeugung dieser beiden Töne entsprechen. Er sucht nicht experimentell zu beweisen, dafs dem so sey; allein er zeigt, dafs wenn die Bewegung der Saite so, wie oben gesagt, zusammengesetzt ist, daraus die gleichzeitige Empfindung des Grundtons und seiner Octave hervorgehen müsse.

Bei der gewöhnlichen Theorie der Resonanz, ist diese Folgerung gewissermafsen unmittelbar. Macht die ganze Saite eine Schwingung, so machen ihre beiden Hälften, die gleichzeitig schwingen, deren zwei, woraus folgt, dafs sie die Luft während einer vollständigen Schwingung vier Mal schlägt. Allein die Schläge sind nicht identisch, sie ähneln einander nur paarweise; das Ohr ist empfindlich für diese periodische Wiederkehr ähnlicher Schläge und daraus entspringt die zusammengesetzte Empfindung, welche man vernimmt.

Hr. Duhamel betrachtet nicht direct die Stöfse, wie sie in Wirklichkeit statthaben, sondern er substituirt ihnen ein aequivalentes System. Statt der mit zusammengesetzter Bewegung begabten Saite, substituirt er zwei identische und sehr nahe Saiten, die beide einfache Schwingungen machen, die zu einander Octaven sind. Gewifs ist die der Luft eingeprägte Bewegung, man mag eine einfache Saite oder ein System von zwei aequivalenten Saiten haben, sehr nahe dieselbe und unser Organ mufs in beiden Fällen auf gleiche Weise afficirt werden; denn man weifs, dafs zwei benachbarte Saiten, von denen die eine die Octave der andern angiebt, zugleich die beiden Töne hören lassen, und man mufs sie also bei aequivalenten Schwingungen der einzigen Saite ebenfalls wahrnehmen.

Wenn ich den Gesichtspunkt, auf welchen Hr. Duhamel sich stellt, wohl aufgefafst habe, so geht aus den obigen Entwicklungen hervor, dafs derselbe, wie alle Physiker bisher, den Ursprung der vielfachen Resonanz in der Zusammensetzungsweise der Vibrationsbewegung der Körper findet. Um diese Abhängigkeit nachzuweisen, betrach-

ten die Physiker direct die verschiedenen Stöfse, welche wirklich der Luft eingeprägt werden, während Hr. Duhamel den eine zusammengesetzte Schwingungsbewegung machenden Körper ersetzt durch ein aequivalentes System von einfachen Bewegungen, deren Eindruck auf unser Organ wohl bekannt ist.

Die vulgäre Theorie der vielfachen Resonanz ist directer als die des Hrn. Duhamel, weil man darin die Phänomene betrachtet wie sie natürlich entstehen; sie ist auch elementarer und folglich einfacher, weil man nicht nöthig hat, zu Sätzen zu greifen, von denen wenigstens einer nicht Jedermann geläufig ist. Aus diesen beiden Gründen scheint mir die gewöhnliche Theorie im allgemeinen vorziehbar zu seyn; doch glaube ich, dafs die von Hrn. Duhamel aufgestellte Demonstration in gewissen verwickelten Fällen ihren Nutzen haben kann.

Mag man nun aber die eine oder die andere der beiden Theorien annehmen, so bleibt doch in Betreff der vielfachen Resonanz der Körper noch eine Schwierigkeit gänzlich zu lösen übrig. Und diese Schwierigkeit liegt darin, dafs man die wahre Theorie des Violinbogens bisher noch nicht der Analyse zu unterwerfen gewufst hat.

Der Violinbogen erzeugt vier Haupt-Effecte. Er unterhält die Gleichheit des Tons so zu sagen so lange wie man will; er unterhält sogar jene schwachen Töne, die gewissermafsen unter den Fingern des Künstlers sterben, während die Töne, welche die Saiten bei blofsem Zupfen geben, zwar anfangs sehr stark sind, aber rasch abnehmen und bald ganz verschwinden. Der Bogen erlaubt, den Tönen verschiedene Stärke zu geben; er vermag ihnen besondere Eigenthümlichkeiten einzuprägen, indem er nebenbei die harmonischen Töne hervorruft, und er kann endlich einer Saite die verschiedenen harmonischen Töne isolirt entlocken. Durch diese Effecte ist der Bogen Herr und Meister der Töne.

Der Bogen wirkt demnach durch eine Reihe sanfter Stöfse, die er der Saite einprägt. Durch ihre fortdauernde

Erneuerung unterhalten diese Stöfse die Bewegung, die sich zu schwächen sucht; indem sie sanfter oder kräftiger werden, ändern sie die Amplitude der Vibrationen und demgemäfs die Stärke der Töne; indem sie, unter gehörigen Umständen, an verschiedenen Theilen der Saite angebracht werden, können sie verschiedene Vibrationsweisen hervorrufen, die zu gesonderten oder gleichzeitigen harmonischen Tönen Anlafs geben.

Die vom Bogen ausgehenden Stöfse folgen einander so rasch, dafs man sich durch Betrachtung der Saite nicht von ihrem Daseyn überzeugen kann. Wenn indefs der Druck des Bogens beträchtlich und seine Geschwindigkeit mäfsig ist, so besitzen die Töne dieselben Kennzeichen, wie wenn sie von einer Reihe von Stöfsen herrührten. Ueberdiefs kann man dann ein Hüpfen wahrnehmen, welches den Augen die verschiedenen Stöfse des Bogens sichtbar macht. Der Versuch erlangt einen höheren Grad von Beweisfähigkeit, wenn die Spannung der Saite schwach ist oder die Schwingungen langsam geschehen.

Macht man den oben angezeigten Versuch und ist das Hüpfen der Saite merklich, so hat man aufser dem Grundton der Saite zwei Supplementar-Töne, welche die Grundtöne der durch den Bogen getrennten Saitenstücke sind.

Verringert man nach und nach den Druck des Bogens und vergröfsert seine Geschwindigkeit, so wird das Hüpfen rascher, schwerer zu beobachten, und zugleich werden die beiden supplementaren Töne schwächer; so lange diese Töne aber anhalten, sind sie gleichsam Zeugen für die vom Bogen erregten Stöfse. Endlich hört das Hüpfen auf merklich zu seyn, und dennoch machen sich die supplementaren Töne noch vernehmbar, zwar schwach, aber defsungeachtet hinreichend hörbar, um bei einiger Aufmerksamkeit erkannt zu werden.

Das Reiben des Bogens erzeugt also eine Reihe von Stöfsen, aus denen alle Wirkungen dieses Instrumentes hervorgehen.

Man darf indefs nicht glauben, dafs sich diese Stöfse in

regelmäfsiger Weise wiederholen, um den Ton zu unterhalten, denn man kann den Ton einer Saite unterhalten, wenn man sanft mit dem Finger auf dieselbe klopft und dabei diese Schläge fast in willkührlicher Weise erneut. Der einzige Unterschied, den man bemerkt zwischen den Tönen, die vom Bogen unterhalten werden, und denen, die durch Zupfen mit den Fingern, also durch eine Reihefolge von Stöfsen hervorgebracht werden, entspringt nur aus der Zartheit und Leichtigkeit der Stöfse des Bogens.

Das Daseyn der supplementaren Töne, dieser unzweifelhaften Zeugen der Stöfse des Bogens, ist sehr klar und sehr beweisend, sobald die Geschwindigkeit des Bogens gewisse Gränzen nicht überschreitet. In den Fällen, wo der Bogen sich mit der gewöhnlichen Geschwindigkeit bewegt, werden die supplementaren Töne so schwach, dafs man die Wahrnehmung derselben einer Täuschung des vorgefasten Geistes zuschreiben könnte, wiewohl die Analogie alsdann die Schlüsse verstärkt. Allein wenn noch ein Zweifel übrig bliebe, so wäre es leicht ihn durch folgende Beobachtungen zu heben.

Wenn man eine Saite mit dem Bogen streicht, so machen seine Haare Querschwingungen. Um dieſs zu beweisen, braucht man nur die Haare mit einem einfachen Drahtring zu umgeben; durch seine Bewegungen während des Streichens macht dann dieser Ring die Vibrationen der Haare des Bogens sichtbar.

Die vom Drahtringe angezeigten Vibrationen sind sehr merkwürdig, sobald man den Bogen auf ein einziges Haar reducirt und, vor allem, sobald man die Haare ersetzt durch eine mit Harz eingeriebene Saite.

Gewöhnlich giebt man dem Bogen eine solche Spannung, dafs der Ton, welchen jedes seiner Haare bei isolirtem Schwingen giebt, sehr tief ist gegen den, welchen er der Saite entlockt. Welche Spannung man aber auch den Haaren des Bogens oder den sie ersetzenden Körpern geben möge, so stellen sich doch die Querschwingungen immer ein und lassen sich stets durch das Experiment sichtbar

machen, so dafs die Stöfse der schwingenden Saite gegen die Haare und folglich die Stöfse der Haare gegen die Saite unzweifelhafte Thatsachen sind.

Es wäre schwierig, *a priori* zu sagen, welchen Einfluſs die Schwingungen des Bogens auf die Nettigkeit der Schwingungen der Saite und folglich auf die Reinheit der erregten Töne ausübe. Dieser Einfluſs ist wahrscheinlich nicht zu vernachlässigen. Wie bekannt, kann man nicht unterschiedlos einen Bafs-, einen Cello- oder Violinbogen zu einem Instrument gebrauchen. Man weifs auch dafs die Künstler bei der Auswahl aus Bogen gleicher Art mit grofser Sorgfalt zu Werke gehen, und dafs sie auch bestimmte Spannungen für die Haare wählen. Es wäre interessant, die Eigenschaften der Bogen einer Experimental-Untersuchung zu unterwerfen, und vielleicht gelangte man zu einem nützlichen Resultat für die practische Musik. Ist der Ton schöner als in andern Fällen, wenn der Bogen eine solche Spannung hat, dafs der Ton jedes einzelnen Haars um eine oder mehre Töne höher oder tiefer ist als der Ton der schwingenden Seite oder dessen harmonischer Ton?

Die analytische Lösung des Problems von schwingenden Saiten ist merkwürdig schön, und dennoch ist sie unvollständig. Um die erzeugten Effecte zu erklären, reicht es in der Praxis nicht aus, wie man es bei der Analyse gethan hat, seine Zuflucht zu sehr mannigfaltigen Anfangszuständen zu nehmen. Gewöhnlich ist der anfängliche Zustand ein Zustand des Gleichgewichts unter Einfluſs der Spannung der Saite, und dennoch: welche Mannigfaltigkeit, die der Bogen hervorruft!

Die gewöhnliche Analyse reicht nicht einmal in dem sehr einfachen Falle aus, wo die Saite gezupft wird. Die Anfangsfigur und die Anfangsgeschwindigkeiten sind nicht willkührlich gegeben; sie hängen vom Stofs ab und können nicht eher bekannt seyn als bis man genau den Stofs kennt.

Die Schwierigkeit, welche die analytische Theorie des Bo-

Bogens und selbst der isolirten, durch Zupfen erzeugten Stöfse darbietet, liegt übrigens in der allgemeinen und bisher unübersteiglichen Schwierigkeit, das Phänomen des Stofses einer genauen Analyse zu unterwerfen; denn bekanntlich hat man bisjetzt nur einen sehr besonderen Fall dieses Phänomens, den einzigen, den Poisson entwickelt hat, behandeln können.

Hr. Duhamel hat die Wirkung des Bogens nur unter dem oben angezeigten Gesichtspunkt betrachtet. Er betrachtet die Reibung des Bogens als aequivalent nicht einer Reihe von Stöfsen, sondern einem System von constanten Kräften. Nach dieser Betrachtungsweise würde ein Attractionscentrum neben der Saite, in solchem Abstande, dafs die Verschiebungen comparativ unmerklich wären, den Bogen ersetzen können. Diefs scheint auf den ersten Blick nicht eben wahrscheinlich. Wie dem auch sey, wenn die Theorie richtig ist, so mufs sie alle Wirkungen des Bogens erklären und überdiefs müssen ihre Folgerungen mit den Ergebnissen der Erfahrung übereinstimmen.

Hr. Duhamel führt zur Bestätigung einen Versuch an, nach welchem er gefunden, dafs ein kreisrunder Bogen oder vielmehr ein reibendes Rad bei Einwirkung auf eine gespannte Saite, diese aus der anfänglichen Gleichgewichtslage ablenkt, und sie, in einer sehr kurzen Zeit, in eine neue Gleichgewichtslage überführt, in welcher sie durch die Reibung erhalten wird, ohne dafs die Saite weiter einen Ton giebt. Diefs Resultat der Theorie und der Versuche des Hrn. Duhamel kann als negativ betrachtet werden gegen die sehr positive, dafs die Leyermänner den Ton einer Saite ganze Stunden lang, wenn man es wünscht, unterhalten. Wenn Hr. Duhamel ein negatives Resultat erhalten hat, so liegt es wahrscheinlich daran, dafs er das Rad nicht in die Umstände versetzt hat, wo es nach Art eines Bogens wirkt.

Uebrigens ist nicht leicht einzusehen, wie die Theorie des Hrn. Duhamel die vier Hauptwirkungen des Bogens

erkläre und wie sie Rechenschaft gebe von den Schwingungen, in welche die Haare des Bogens beim Streichen der Saite beständig gerathen.

VI. *Ueber den Einfluſs des Drucks auf die chemische Natur der plutonischen Gesteine; aus einem Schreiben an G. Rose von R. Bunsen.*

Eine Arbeit über den innern Zusammenhang der vulkanischen Erscheinungen Islands hat mir zur Erörterung der Frage Veranlassung gegeben, ob und in wie weit dem Drucke ein Einfluſs auf die Bildung und Natur der plutonischen Gesteine beizumessen sey.

Eine gröſsere Zahl sorgfältig ausgeführter Analysen der charakteristischen nicht metamorphischen Gebirgsarten Islands hat zu dem unerwarteten Resultate geführt, daſs die ursprünglichen Gesteine dieses und wahrscheinlich auch des Armenischen Vulkanensystems aus gesonderten oder combinirten Ergüssen nur zweier, von der speciellen Situation der jetzigen Vulkane unabhängiger Heerde abgeleitet werden können. Der eine dieser Heerde hat die trachytischen, der andere die pyroxenischen Gesteine geliefert, während aus beiden in Gemeinschaft eine Reihe von Mittelgliedern hervorgegangen ist, die man nicht unpassend unter dem Namen der tracheo-pyroxenischen zusammenfassen könnte. Dieſs Ergebniſs findet in der chemischen Constitution der Gesteine eine directe Begründung; denn die rein trachytischen Massen einerseits und die rein pyroxenischen andererseits zeigen, soweit sie als Repräsentanten allgemein verbreiteter Gebirgsbildungen gelten können, eine gleichbleibende nur hie und da durch leicht nachweisbare locale Ursachen gestörte *Durchschnitts-Zusammensetzung*, wie ver-

schieden auch immer ihre Lagerung, ihr Alter und ihre petrographische oder mineralogische Natur seyn möge. Man findet darunter oft, nicht die entfernteste Aehnlichkeit darbietende Gebilde, die defsungeachtet, wenn man sie im Ganzen ohne Rücksicht auf die darin vorkommenden Gemengtheile analysirt, eine gleich zusammengesetzte Silicatmasse darstellen, welche sich in der Natur bald zu glasigen Flüssen, bald zu steinartigen Bildungen, bald zu Aggregaten verschiedener bestimmt gesonderter Fossilien gestaltet hat. Das constante Sauerstoffverhältnifs der Kieselerde und der Basen verhält sich in diesen rein trachytischen Gesteinen wie 3:0,58 und in den rein pyroxenischen nahe wie 3:2. Zwischen diesem sauern und basischen Extreme liegen die tracheo-pyroxenischen Gebirgsarten in der Mitte. Sie sind, ihrer Zusammensetzung nach, durch das Mischungsverhältnifs jener extremen Glieder bestimmt, und diese Zusammensetzung läfst sich durch Rechnung annähernd vorausbestimmen, wenn nur einer der Gesteinsbestandtheile, am besten die Kieselerde, in Procenten gegeben ist. Es läfst sich aus diesem Ergebnifs, dessen speciellere Begründung hier zu weit führen würde, der Schlufs ziehen, dafs sich ein und dasselbe Silicatgemenge von qualitativ und quantitativ gleicher Zusammensetzung zu Gebirgsarten von ganz verschiedener mineralogischer Beschaffenheit bei dem Erstarren gruppiren kann. Die petrographische Verschiedenheit in den Gebirgsbildungen setzt daher nicht immer eine entsprechende Verschiedenheit in der chemischen Constitution der feuerflüssigen Silicatlösung voraus, welche diese Bildungen veranlafste, vielmehr müssen dabei noch andere Einflüsse mitgewirkt haben. Es bietet sich daher sehr natürlich die Frage dar, ob die ungeheueren Druckkräfte, welche die feuerflüssigen Gesteine in Bewegung setzen und ihrer ganzen Masse nach zusammenpressen, unter diese Einflüsse zu zählen seyen.

Diese Frage wird unbedingt bejaht werden müssen, wenn sich der Beweis führen läfst, dafs die Erstarrungstemperatur der Körper, gleich wie deren Kochpunkt, als

eine Function des auf ihnen lastenden Druckes betrachtet werden müsse.

Ich habe es versucht, diese Frage auf dem Wege des Versuches zu entscheiden:

Es wurde zu diesem Zweck ein sehr dickwandiges ungefähr fußlanges Glasrohr von strohhalmsdickem Lumen an dem einen Ende zu einer feinen 15 bis 20 Zoll langen, am andern zu einer nur $1\frac{1}{2}$ Zoll langen, etwas weitern Haarröhre ausgezogen, das längere Haarrohr darauf mit Hülfe eines daran gelegten Spiegelmaafsstabes calibrirt, und das kürzere so umgebogen, dafs es, dem untern Theile der Glasröhre parallel, aufwärts stand. Der getrocknete zuvor erhitzte Apparat wurde nun durch Aufsaugen mit ausgekochtem Quecksilber völlig gefüllt, und das lange Capillarrohr oben zugeschmolzen. Nach dem Erkalten ist es leicht durch gelindes Erwärmen eine kleine Menge Quecksilber aus dem untern aufwärts gebogenen Röhrchen auszutreiben und dafür, indem man wieder abkühlt, eine kleine Menge der zu prüfenden geschmolzenen Substanz eintreten zu lassen. Hat man darauf auch diefs untere Haarröhrchen mit dem Löthrohr verschlossen, so öffnet man das obere wieder, und erwärmt den Apparat ungefähr 1° bis 2° C. über den Schmelzpunkt der darin befindlichen Substanz, wobei ein Theil des Quecksilbers aus der offenen Spitze ausfliefst. Ist endlich nach dem abermaligen Abkühlen der Stand des Quecksilbers in der Capillarröhre nebst Thermometer- und Barometerstand notirt, und darauf die Spitze durch eine feine Löthrohrflamme abermals geschlossen, so kann man zu dem Versuche selbst schreiten. Man befestigt zu diesem Zweck zwei solcher Apparate von ganz gleicher Form und Füllung, den einen mit offener, den andern mit geschlossener oberer Capillarröhre, sammt einem empfindlichen Thermometer dergestalt auf ein kleines Brett, dafs die beiden mit der zu prüfenden Substanz gefüllten Röhrchen dicht neben der Thergel stehen, und senkt den Apparat, zunächst nur iese Röhrchen reichen, in Wasser, dessen Tem-

peratur einige Grade über dem Schmelzpunkt der Substanz liegt. Sieht man, dafs die Erstarrung gleichzeitig in beiden Röhrchen genau bei derselben Temperatur erfolgt, so wiederholt man den Versuch nur mit dem Unterschiede, dafs der Apparat tiefer in das durch Umrühren stets gleichmäfsig warm erhaltene Medium eingesenkt wird. Es erzeugt sich dadurch in Folge der Ausdehnung des Quecksilbers im verschlossenen Instrument ein Druck, welcher an der Zusammenpressung der Luft im Capillarrohr leicht gemessen, und durch Einsenken oder Emporziehen des Instrumentes aus der Erwärmungsflüssigkeit beliebig gesteigert oder vermindert werden kann. Der Druck in dem offenen Instrumente bleibt dagegen während der ganzen Dauer der Erwärmung unverändert derselbe. Die Temperaturdifferenz, um welche die Substanz im verschlossenen Instrumente eher erstarrt als im offenen, giebt die Schmelzpunktserhöhung für den beobachteten Druck.

Ein mit Wallrath angestellter Versuch gab folgendes Resultat:

Druck in Atmosphären.	Erstarrungspunkt in Centesimalgraden.
1	47°,7 C.
29	48°,3
96	49°,7
141	50°,5
156	50°,9.

Derselbe Versuch mit Paraffin wiederholt gab:

Druck.	Erstarrungspunkt.
1	46°,3 C.
85	48°,9
100	49°,9.

Das Verhältnifs der beobachteten Temperatur läfst sich bis auf 0°,1 C. verbürgen; die beobachteten Druckkräfte dagegen können um einige Atmosphären ungenau seyn, da das Capillarmanometer bei diesen Messungen sehr kurz, und auf die kleine im Hohlraum desselben durch den vermehr-

ten Druck bewirkte Volumvergrößerung noch keine Rücksicht genommen war.

Man kann die Verrückung des Schmelzpunktes mit diesem kleinen Instrumente auf eine noch anschaulichere Weise sichtbar machen. Taucht man dasselbe nämlich mit der unteren Spitze in Wasser von einer Temperatur, die 1° bis 3° über dem Schmelzpunkt der zu prüfenden Substanz liegt, so schmilzt dieselbe im offenen wie im geschlossenen Instrumente, weil in beiden der Druck gleich ist; senkt man darauf den Apparat ganz in das erwärmende Medium ein, so erstarrt die Substanz durch den nun eintretenden Druck im geschlossenen Instrumente wieder, während sie im offenen unverändert flüssig bleibt.

Obgleich das physikalische Gesetz der Abhängigkeit des Schmelzpunktes vom Druck aus diesen wenigen *vorläufigen* Versuchen nicht einmal annähernd ersichtlich ist, so läfst sich doch daraus bereits soviel mit Bestimmtheit abnehmen, dafs ein Körper bei Druckdifferenzen von kaum 100 Atmosphären seinen Schmelzpunkt um mehrere Centesimalgrade ändern kann. Hält man nun die schon nicht weniger als 400 bis 500 Atmosphären betragende Pressung, welche ungefähr zur Sprengung der 3 Millimeter dicken Wandung einer 2 Millimeter weiten Glasröhre erfordert wird, mit jener gewaltigen Druckkraft zusammen, welche die Feste ganzer Continente erschüttert oder emporhebt, und sich in meilenlangen Lavaströmen und Aschenstrahlen an den Vulcanen Bahn bricht, so wird man die Ueberzeugung nicht abweisen können, dafs *solche* Kräfte sich nur nach Tausenden von Atmosphären messen lassen. Dann aber müssen auch nothwendig die solchen Druckeinwirkungen ausgetzten feuerflüssigen Gesteine, je nach dem Wechsel des Drucks, ihre Erstarrungstemperatur um Hunderte von Graden ändern können. Man begreift daher leicht, dafs Feldspath, Glimmer, Hornblende, Augit, Olivin etc., welche unter einem bestimmten Druck bei einer gewissen Temperatur aus dem silicatischen Lösungsmittel erstarren, unter verändertem Druck bei ganz anderen Temperaturen auskrystallisiren

werden. Und wenn die Verrückung des Schmelzpunktes, wie es obige Versuche bereits andeuten, bei verschiedenen Körpern für gleiche Druckdifferenzen eine verschiedene ist, so wird sich unter Umständen selbst die Reihenfolge der Ausscheidungen, ja es werden sich diese Ausscheidungen selbst, ihrer chemischen Constitution nach, durch den blofsen Druck ändern können.

Man wird es daher als ausgemacht betrachten dürfen, dafs der Druck auf das Festwerden der plutonischen Gebirge und auf die chemische Constitution der darin auftretenden Gemengtheile einen grofsen, vielleicht noch gröfseren Einfluſs ausgeübt hat, als selbst die Verhältnisse der Abkühlung [1]).

Marburg, den 2. November 1850.

VII. *Ueber Weibye's Atheriastit; von J. Fr. L. Hausmann.*

Die von Weibye im 79. Bande dieser Annalen S. 302 gegebene Beschreibung des von ihm mit dem Namen *Atheriastit* belegten Minerals von Arendal läfst mit Sicherheit erkennen, dafs dieser bisher für eine Abänderung des *Skapolithes* angesprochene Körper das von Haüy mit dem Namen *Wernerit* belegte [2]), und von seinem *Paranthine,* dem *Skapolithe* der Auctoren, auch noch in der zweiten Auflage seiner Mineralogie [3]) unterschiedene Fossil ist. Es mufs hierbei bemerkt werden, dafs das von d'Andrada ursprünglich mit dem Namen *Wernerit* bezeichnete nordische Mineral [4]), nicht Haüy's *Wernerit* ist, dafs aber von den

1) Die Versuche des Hrn. B. sind noch in sofern von besonderem Interesse, als sie den ersten experimentellen Beweis von dem S. 168 dieses Bandes erwähnten theoretisch aufgefundenen Satz liefern. P.

2) *Traité de Min.* 1. *Ed. II. p.* 586.

3) *Traité de Min.* 2. *Ed. II. p.* 582.

4) Scherer's Journ. IV. S. 38.

Körpern, welche Schumacher *Wernerit* nannte, die dunkel lauchgrüne — richtiger seladongrüne — Abänderung [1]) mit Haüy's *Wernerit* übereinstimmt. Ich habe Gelegenheit gehabt mich in Kopenhagen hiervon zu unterrichten, wo mich auch der verewigte Justizrath Manthey, durch den Haüy den Wernerit von Arendal erhalten hatte, darüber belehrte, welches Mineral von ihm mit diesen Namen bezeichnet worden. Eine ausführliche Auseinandersetzung des hier kurz Mitgetheilten findet sich in meinen Bemerkungen über Skapolith und Wernerit, im Magazin der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin, III. S. 201 ff., wo ich auch die Gründe entwickelt habe, weshalb ich Haüy's *Wernerit* nur für eine Varietät des *Skapolithes* ansehen könne. Diese Ansicht, welcher auch ich in meinem Handbuche der Mineralogie gefolgt bin, wo ich Haüy's *Wernerit* zur *dichten* Abänderung der von mir nach dem Vorgange v. Leonhard's mit dem Namen *Wernerit* belegten Mineralspecies, des *Skapolithes* der Auctoren, gezählt habe, ist in neuerer Zeit bekanntlich die allgemeine geworden. Ich würde auch jetzt noch bei dieser Ansicht beharren, wenn nicht das Resultat der Berlin'schen Analyse von der Art wäre, dafs es nicht wohl zulässig ist, Weibye's *Atheriastit* noch länger zum *Skapolithe* zu zählen. Auffallend ist dabei die nahe Uebereinstimmung der Krystallisation beider Fossilien. Weibye giebt den Kantenwinkel des Quadratoctaëders zu 135° an, der nach Haüy's 136° 38′ beträgt. Nach jener Angabe würde der Grundkantenwinkel 65° 32′ betragen, wogegen er nach Haüy 62° 56′ mifst. Da sich diese Angaben auf Messungen mit dem Anlegegoniometer gründen, so kann die Differenz nicht bedeutend erscheinen. Nach Haüy beträgt die Neigung der Flächen des Quadratoctaëders gegen die Flächen des quadratischen Prismas (*E*), gegen welche sie gesetzt sind, 121° 28′. Davon weicht die Messung jenes Winkels an einem mir zu Gebote stehenden Krystalle nicht bedeutend ab, indem

1) Verzeichnifs der i. d. dänisch-nordischen Staaten sich findenden Mineralien. S. 84.

solche 121° 45′ ergab, wonach die Grundkantenwinkel des Quadratoctaëders 63° 30′ und der Seitenkantenwinkel 136° 18′ betragen würde. Mohs giebt bei dem *Pyramidalen Feldspath (Skapolith, Meionit)* den ersteren Winkel zu 63° 48′, sowie den zweiten zu 136° 7′ an. Nach Breithaupt mifst der Grundkantenwinkel des *Skapolithes* 63° 32′, der Seitenkantenwinkel mithin 136° 18′. Diese Angaben weichen so wenig von den Winkeln des *Wernerites* ab, dafs eine wesentliche Verschiedenheit der Krystallisationensysteme von *Wernerit* und *Skapolith* wohl nicht angenommen werden kann. In dem Habitus der Krystalle weicht der *Atheriastit* vom *Skapolithe* ab. Bei jenem stellt sich die Combination 8 *P.* 4 *B.* 4 *E.* (*Haüy, Traité Pl.* 75. *Fig.* 182) in kurzen und verhältnifsmäfsig dicken Individuen dar, wogegen die Krystalle des *Skapolithes* lang und schlank zu seyn pflegen. Die Krystalle, welche ich besitze und in den Kopenhagener Sammlungen gesehen habe, sind an beiden Enden auskrystallisirt und eingewachsen; wogegen die *Skapolithkrystalle* gewöhnlich aufgewachsen und daher nur an einem Ende vollkommen ausgebildet zu seyn pflegen. Die Krystallflächen des *Atheriastits* sind eben und glatt, dabei aber matt oder wenig wachsartig glänzend. Dabei erscheinen Kanten und Ecken, wie auch Weibye bemerkt hat, oft wie geschmolzen. Nach demselben besitzt der *Atheriastit* eine vollkommene Theilbarkeit nach dem zweiten quadratischen Prisma, welches mit den Blätterdurchgängen des *Skapolithes* nicht im Widerspruche steht, wiewohl die mehrsten Abänderungen des letzteren leichter und vollkommener sich spalten lassen als jenes Mineral, und zwar nach beiden quadratischen Prismen. Der splittrige, in das Unebene übergehende Bruch ist bei dem *Atheriastit* hervorstechender als bei den mehrsten Abänderungen des *Skapolithes*. Durch die Undurchsichtigkeit und den geringeren Glanz gewinnt jenes Mineral besonders ein von dem *Skapolithe* abweichendes Ansehen. Nach Haüy ist der *Wernerit* olivenfarbig, nach Schumacher dunkel lauchgrün; Weibye bezeichnet die Farbe des *Atheriastits* als

ein gewöhnlich etwas schmutziges Spangrün; richtiger ist sie aber wohl für ein Seladongrün anzusprechen. Das specifische Gewicht ist von Weibye nicht angegeben. Leider gestatten auch die in meinem Besitze befindlichen Stücke die Bestimmung desselben nicht. Nach Haüy soll das specifische Gewicht des *Wernerites* 3,6063 seyn; ohne Zweifel hat er diese Angabe von d'Andrada entlehnt, dessen *Wernerit* jedoch, wie oben bereits bemerkt worden, verschieden von dem Haüy'schen Fossile ist. Schumacher hat das eigenthümliche Gewicht seines *dunkel lauchgrünen Wernerits* zu 2,857 bestimmt. Hiernach würde es ein wenig höher als das specifische Gewicht des *Skapolithes* seyn. Die Härte des *Atheriastites* ist entschieden gröfser als die des *Skapolithes*, indem verschiedene Abänderungen des letzteren von dem ersteren geritzt werden. Die Härte ist nur wenig geringer als die des Feldspathes.

Zur Unterscheidung von *Skapolith* und *Atheriastit* kann besonders das abweichende Verhalten vor dem Löthrohre dienen. Reine und frische Abänderungen des ersteren geben, im Kolben erhitzt, kein Wasser aus, wogegen bei dem letzteren ein nicht unbedeutender Wassergehalt sich zu erkennen giebt. Der reine *Skapolith* zeichnet sich vor dem Löthrohre durch starkes Blasenwerfen, durch einen hellen phosphorischen Schein, und durch die leichte Schmelzbarkeit zu einem weifsen, blasigen Glase aus, wogegen der *Atheriastit* aufberstet und dann leicht zu einem dunkelbraunen Glase schmilzt. Beide Fossilien lösen sich im Boraxglase auf, aber der reine *Skapolith* ohne einen Eisengehalt zu zeigen, wogegen der *Atheriastit* auf Eisen reagirt.

Durch dieses abweichende Verhalten wird schon die verschiedene Mischung angedeutet, wie sie die Berlin'sche Analyse ergeben hat. Haüy führt bei seinem *Wernerit* eine Analyse von John an, die indessen von dem durch Berlin erhaltenen Resultate bedeutend abweicht. Wenn nun dieses die Mischung des *Atheriastits* als eine von der des *Skapolithes* wesentlich verschiedene erscheinen

läfst, so ist dabei doch die Uebereinstimmung der Krystallisation auffallend. Hierin, so wie in dem Vorhandenseyn eines Wassergehaltes, scheint eine Andeutung zu liegen, dafs der *Atheriastit* sich auf ähnliche Weise zum *Skapolithe* verhalte, wie der *Aspasiolith* zum *Dichroite*. Die Mineralogen, welche annehmen, dafs der *Aspasiolith* durch eine Metamorphose aus dem *Dichroite* entstanden sey, werden vielleicht geneigt seyn, den *Atheriastit* für eine pseudomorphosische Bildung nach *Skapolith* anzusehen. Doch scheint mir für eine solche Annahme kein zureichender Grund vorhanden zu seyn. Lehrreich würde die Untersuchung seyn, in welchem Verhältnisse die Atomvolume des *Atheriastits* und *Skapoliths* zu einander stehen. Dazu würde aber einerseits eine genaue Bestimmung des specifischen Gewichtes des ersteren, und andererseits eine Aufklärung der Widersprüche vorangehen müssen, welche unter den Resultaten der chemischen Analysen des letzteren noch stattfinden.

Der *Atheriastit* gehört zu den seltensten skapolithartigen Fossilien. An den Stücken, welche in meinem Besitze sind, befinden sich die Krystalle und die gerundeten Körner in einem grobkörnigen Gemenge von fleischrothem Feldspath, graulichweifsem Bergkrystall, schwarzem körnigen Granat und schwarzem körnigen Augit eingewachsen.

Schliefslich erlaube ich mir die Meinung auszusprechen, dafs es mir passend scheint, den ursprünglich von Haüy jenem Minerale gegebenen Namen beizubehalten, und dagegen mit dem Namen *Wernerit* künftig nicht mehr, wie es von einigen Mineralogen und von mir selbst geschehen, den *Skapolith* zu bezeichnen.

Göttingen, den 1. Dec. 1850.

VIII. *Einige neuere Beobachtungen über metallischen Schiller, der auf künstlich durch Aufstreichen weicher Krystalle auf eine feste Unterlage erhaltenen Flächen sichtbar wird;* von *Wilhelm Haidinger.*

(Aus den Berichten der Wiener Akademie, vom Hrn. Verf. mitgetheilt.)

Sir David Brewster hatte (Pogg. Ann. 1846 Heft 12) die freien Schuppen von *chrysamminsaurem Kali* auf eine Unterlage mit einem Messer aufgestrichen, um die merkwürdigen metallischen Farbentöne zu untersuchen. Es schien natürlich ungemein wichtig, diese mit der früher erwähnten so nahe verbundenen Beobachtung mit demselben zu vergleichen. Vorzüglich wäre es freilich wünschenswerth gewesen, die von Brewster erwähnten Krystallschuppen selbst wieder zu haben. Allein obwohl es auf Bergrath Haidingers Bitte Hrn. Fr. v. Hillebrand, Assistenten am k. k. General-Münz-Probiramte, vollkommen gelang, dieses merkwürdige Salz selbst darzustellen, so fielen die Krystallschuppen doch zu klein aus, um den Schiller auf den Krystallflächen zu orientiren. Eine Parhie derselben wurde also, um doch wenigstens die von Brewster beschriebenen Erscheinungen vergleichend zu beobachten, auf rauhes Glas aufgetragen und sorgfältig in einer Richtung glatt gestrichen. Nach Brewster folgen die Farben bei verschiedener Elevation der Beobachtung im polarisirten Lichte, wie folgt:

O bei allen Incidenzen bläulich weifs.	Oberes Bild	der dichroskopischen Lupe.
E bei kleiner Incidenz goldgelb, bei gröfserer tiefer gelb, grünlichgelb, grün, grünlichblau, blau- und nelkenroth.	Unteres Bild	

Von einer Verschiedenheit der Erscheinung in verschiedenen Azimuten wird nichts erwähnt. Allein in der Wirklichkeit findet eine solche höchst merkwürdige Verschiedenheit allerdings statt und es läfst sich eine Erscheinung beobachten, die nach den bisherigen Erfahrungen wohl bei Krystallen, aber nicht bei nur mechanisch ausgebreiteten Körpertheilchen zu vermeiden gewesen wäre.

Bei ziemlich senkrechtem Lichteinfall erscheint dem blofsen Auge die Farbe metallisch, von einem Mittel zwischen Speisgelb und Stahlgrau. Aber diese Farbe wird durch die dichroskopische Lupe deutlich zerlegt in ein *metallisches Messinggelb*, das senkrecht auf die Fasern des Striches und in ein metallisches Stahlgrau, in das Violette geneigt, das in der Richtung der Fasern polarisirt ist.

Bei geneigter Lage der aufgestrichenen Blättchen erscheinen sie schon dem blofsen Auge in der Querstellung mehr gelblichgrün, in der Längsstellung mehr stahlgrau. Stärker wird der Gegensatz bei Anwendung der dichroskopischen Lupe: da erscheint dann in der *Längenstellung* das obere Bild *O*, vom Stahlgrauen ins Violette geneigt anzufangen, bei gröfseren Einfallswinkeln immer heller und heller weifs und glänzend; das untere Bild *E* geht durch Goldgelb, Messinggelb, die metallischen gras-smaragd- und spangrünen Töne, in ein metallisches Erden- und dunkles Indigoblau. Zuletzt glänzen auch die untern Bilder ohne Farbe, doch weniger als die oberen. In der *Querstellung* dagegen erscheint das obere Bild *O* messinggelb metallisch und nimmt bei gröfseren Einfallswinkeln an Glanz zu. Das untere Bild *E* zeigt dagegen *keine Spur von Grün*; es geht aus dem Violett-Stahlgrauen durch ein deutlicheres Violett und Blau in dunkel Indigoblau über, dem bei guter Politur noch ein schwaches Violett und sodann Roth folgt.

Hat man eine Lage des chrysamminsauren Kalis hinlänglich dünn in einer Richtung aufpolirt, so erscheint auch im durchfallenden Lichte ein sehr deutlicher von Brewster ebenfalls bezeichneter Dichroismus. Bei der verticalen Stellung der Strichfasern ist dann das obere Bild *O*

fleisch- bis blutroth, das untere Bild *E* karmin- bis karmesinroth, nach Maafsgabe der Dicke.

Erscheinungen, welche bisher lediglich durch Krystallisation bedingt wahrgenommen wurden, finden sich also hier auf einmal durch mechanische Anwendung hervorgebracht.

Das chrysamminsaure Kali sollte nicht lange der einzige Körper bleiben, der diese Art des Flächenschillers zeigt. Hr. Hofrath Wöhler in Göttingen theilte kürzlich Hrn. Bergrath Haidinger eine Probe des zuerst von Knop in seinem Laboratorium dargestellten Kalium-Platin-Cyanür-Cyanides mit, das eine ähnliche Eigenschaft besitzt. In der *Querstellung* ist das obere Bild *O* metallisch-violett, bei gröfseren Elevationen mehr in Purpurfarbe und Rothe ziehend, das untere *E* kupferroth mit wenig Glanz; in der Längenstellung ist das obere Bild *O* stahlblau, das untere *E* kupferroth mit ziemlich viel Glanz.

Andere Eigenschaften dieser Krystalle mögen hier vorläufig übergangen werden, nur möge kürzlich erwähnt werden, dafs die *Seitenflächen* ihrer vierseitigen Prismen im gewöhnlichen Lichte *kupferroth*, die *Endflächen* schön *goldgelb* sind, deutlicher noch im polarisirtem Licht der dichroskopischen Lupe.

Mehrere andere Körper, die zu dem Zwecke der Untersuchung aufgestrichener Flächen vorgenommen wurden, zeigten gleiche Erscheinungen in allen Azimuten, keine Differenz- noch Längen- oder Querrichtung; so gab Magnesium-Platin-Cyanür und das aloëtinsaure Kali einen blauen, das Murexid und das grüne Hydrochinon einen grünen Schein senkrecht auf die Einfallsebene des polarisirten Lichts.

Dieser Unterschied ist sehr bemerkenswerth. Die Verhältnisse der erstern Körpern aber, welche durch *mechanische* Anwendung eine Klasse von Erscheinungen hervorbringen, welche der durch Gruppirung der Körpertheilchen durch Krystallisation ganz analog sind, verlangen, dafs man den krystallisirten Körpern nicht unbedingt aber auch nicht ausschliefslich eine *Gestalt der kleinsten Theilchen* zuschreibe.

IX. *Luftfahrt der HH. Barral und Bixio am 27. Juli 1850 zu Paris.*

Die *Comptes rendus* enthalten in No. 5 des T. XXXI. ein Paar Berichte über diese Luftfahrt, aus denen wir glauben das Nachstehende hervorheben zu müssen. Gleich einer früheren, am 29. Juni d. J. unternommenen Fahrt, die durch das Reifsen des Ballons in 5900 Meter Höhe ein erfolgloses, obwohl für die Luftschiffer immer noch ziemlich glückliches Ende nahm, hatte die gegenwärtige einen wissenschaftlichen Zweck, den: Beobachtungen über den Einflufs der Sonnenstrahlung, die Temperatur und Feuchtigkeit der Atmosphäre u. s. w. anzustellen, und Luftportionen aus verschiedenen Höhen zum Behufe einer chemischen Untersuchung herunter zu bringen, und demgemäfs waren die Beobachter mit allen dazu erforderlichen Instrumenten sehr reichlich versehen. Leider waren aber die atmosphärischen Umstände dem Unternehmen wenig günstig, denn der Himmel, welcher bis Mittag vollkommen rein gewesen, begann um 1 Uhr, als die Füllung des Ballons vollendet war, sich zu beziehen und alsbald trat ein Regen ein, der bis 3 Uhr in wahren Strömen herabfiel. Erst um 4 Uhr, als der Himmel noch ganz bedeckt war, konnte die, der Kosten wegen, nicht länger aufschiebbare Fahrt begonnen werden.

Vielleicht waren es aber gerade diese atmosphärischen Umstände, welche den HH. Barral und Bixio Gelegenheit gaben, die abnormen Temperaturverhältnisse zu beobachten, welche die gröfste Merkwürdigkeit ihrer Reise ausmachen. Ihre Beobachtungen ergaben nämlich folgendes:

Beobachtung №	Zeit.	Barometer auf 0° red.	Thermometer. Centesimal.	Höhe. Meter.
		mm		
1	4h 6′	694,7	+ 16°,0	757
2	4 8	674,96	+ 16 ,0	999
3	4 9½	655,57	+ 13 ,0	1244
4	4 11	636,68	+ 9 ,8	1483

Beobachtung №	Zeit.	Barometer auf 0° red.	Thermometer. Centesimal.	Höhe. Meter.
		mm		
5	4h 13′	597,73	+ 9,0	2013
6	4 15	558,7	+ 9,0	2567
7	4 20	482,2	— 0,5	3751
8		405,41	— 7,0	5121
9	4 25	347,75 367,04	— 10,5 — 9,8	6330 5902
10	4 45	338,05	— 35,0	6512
11	4 50	315,02	— 39,0	7016
12	5 2	436,40	— 9,0	4502
13	5 7	483,16	— 7,0	3688
14	5 10	540,39	— 3,0	2796
15	5 12	559,70	— 1,0	2452
16	5 14	582,90	0	2185
17	5 16	598,5 618,0	+ 1,8	1973 1707

Kurz nach ihrem Aufsteigen sahen sich die Luftschiffer in einen leichten Nebel eingehüllt. Bei der Beobachtung No. 5 breiteten sich Wolken unter ihnen aus, die ihnen Paris verdeckten; zugleich spürten sie einen frischen Wind. Bei No. 8 kamen sie in einen dicken Nebel und die Erde verschwand ihnen gänzlich. Bei No. 9 wurde der Nebel etwas lockerer, so dafs er ein weifses schwaches Sonnenbild sehen liefs; zugleich fielen äufserst feine Eisnadeln herab und sie erblickten *senkrecht unter der Sonne ein zweites Sonnenbild*; diefs war ebenso hell wie das erste und machte mit der durch die Gondel gehenden Horizontalebene einen Winkel von 30° nach unten, wie jenes denselben nach oben machte. Kurz hernach erhoben sie sich aus der Wolkenschicht und die Temperatur sank rasch auf —23°,79 C. Bei No. 10 war der Himmel heiter und sie hatten Gelegenheit zu beobachten, dafs das Blau desselben stark polarisirt war.

Die ungemein niedrige Temperatur bei No. 11 konnte mit dem Thermometer, welches zu den übrigen Beobachtungen diente, nur annäherd bestimmt worden, da dasselbe nur bis — 37° C. getheilt war. Allein sie wurde bestätigt durch die Angabe eines Walferdin'schen Ausflufsthermometers, das in einer durchlöcherten und versiegelten Blech-

Blechbüchse mitgenommen worden war. Dieſs Thermometer, welches nach vollendeter Luftfahrt von den HH. Regnault und Walferdin seiner Hülle entkleidet und sorgfältig untersucht wurde, ergab für das in der Höhe von 7016 Meter beobachtete Temperaturminimum den Werth — 39°,67 C. (31°,74 R.). Trotz dieser aufserordentlichen Kälte erlitten die Beobachter kein sonderliches Ungemach; um 5ʰ 30′ langten sie wohlbehalten wieder an.

Die Höhen sind, mit Hinzuziehung gleichzeitiger Beobachtungen auf der Pariser Sternwarte, von Hrn. Matthieu berechnet. Bei den anomalen Temperaturverhältnissen, die während der Luftfahrt in der Atmosphäre stattfanden, ist indefs auf diese Berechnungen kein grofses Zutrauen zu setzen, und namentlich mufs es unentschieden bleiben, ob die HH. Barral und Bixio die vor Zeiten von Gay-Lussac erreichte Höhe überstiegen oder nicht. Der Ballon war übrigens mit Wasserstoffgas gefüllt, nicht, wie jetzt gemeiniglich geschieht, mit Steinkohlengas.

X. *Merkwürdiger Blitzschlag; beobachtet von Hrn. Grebel,*

Oberlehrer d. Mathematik zu Zeitz.

Unterhalb Zeitz, am linken Ufer der Elster, ist ein flacher Wiesengrund, der hin und wieder mit Bäumen und Strauchwerk bestanden ist. In einen Baum einer vereinzelten Gruppe schlug an einem Tage der Pfingstwoche, d. h. ungefähr 2 Uhr Nachmittags, der Blitz und nahm einen ungewöhnlichen Weg. Da ich erst nach ungefähr einem Monat davon erfuhr, so war das Datum um so weniger noch zu ermitteln, als in der ersten Hälfte der Pfingstwoche täglich hier Gewitter vorkamen; vermuthlich fand der in

Rede stehende Blitzschlag am 20. Mai d. J. statt. Der getroffene Baum ist eine Erle, ungefähr 58 rh. Fufs hoch, in deren Nähe sich einige andere Erlen befinden, von denen eine benachbarte Erle selbst etwas höher ist. Der Blitz hatte bei etwa ein Drittel der Gröfse unter dem Gipfel, bei einem Aststummel angesetzt und war spiralförmig in reichlich zwei Windungen gleichmäfsig um den Stamm nach unten bis nahe zum Boden gegangen. Rinde und Bast waren längs des ganzen Wegs abgesprengt und im Splinte eine Rinne ausgesplittert, nicht ausgebrannt, welche $1\frac{1}{4}$ Zoll breit und $\frac{1}{2}$ Zoll tief war. Die zu beiden Seiten hin und wieder noch anhängenden Splitter wiesen deutlich auf eine von oben nach unten wirkende Gewalt. Die Rinne hörte 2′ 10″ vom Boden auf, die Rinde war noch auf 1′ 7″ weiter abgesprengt, reichte aber auch nicht bis zum Boden. Weiter liefs sich keine Spur des Blitzschlages auffinden. Nirgends Brandspuren. Die Windung der Spirale ist schraubenrechts; wenn also ein positiver Strom seinen Weg von oben nach unten genommen, und im Innern ein Eisenstab gelegen hätte, so würde sein unteres Ende ein Nordpol, sein oberes Ende ein Südpol geworden seyn.

Zeitz, den 27. October 1850.

XI. *Glaukodot, von einem neuen Fundort; von A. Breithaupt.*

Durch Hrn. Doctor Bondi erhielt ich ein Stück von Orawitza im Banat, welches ein Gemeng von drei Mineralien ist. Die Hauptmasse macht ein gelblichweifser bis blafs gelber Kalkspath aus, welcher, härter als alle mir bekannten Kalkspäthe, doch nur das specifische Gewicht = 2,728 hat. Er überdeckt zwei andere Mineralien, 1) den

Glaukodot, hier aus dünnstänglich zusammengesetzten Stücken bestehend, übrigens aber von allen wesentlichen Eigenschaften, (namentlich von der deutlichen basischen Spaltbarkeit), wie ich solche von diesem Mineral aus Chile angegeben habe. Der Etiquette, welche denselben einen *„strahligen Kobaltglanz“* nennt, war noch das Resultat einer Analyse von Hrn. Patera beigefügt:

Schwefel	19,78
Arsen	43,63
Kobalt	32,02
Eisen	4,56.

Hier ist nur der Eisengehalt etwas geringer als in der Plattner'schen Analyse vom Glaukodot. In dieser Abänderung von Orawitza ist auch noch Gold enthalten.

2) Ein ganz dünn tafelartig krystallisirtes metallisch dunkelgraues Mineral, sehr hart, welches ich für Glanzeisenerz hielt, aber damit nicht übereinstimmt, weil es ein schwarzes Pulver giebt. Hiervon besitze ich zu wenig, um es näher untersuchen zu können. An den Saalbändern des ganzen Gemenges sitzt etwas ganz mürber aufgelöster Thonschiefer, welcher sich zum Theil durch Wasser wegwaschen liefs.

XII. *Eishöhle in den Saalbergen.*

In den Saalbergen, am Eichert, den Bleibergen gegenüber, zwischen Saalburg und der Burgk, ist eine nicht sehr umfangreiche Stelle, an welcher sich in den Sommermonaten, vom Juni bis Mitte August, auf der Oberfläche der Erde Eis bildet, und zwar nicht in einer Schlucht, oder an der Nordseite, oder im tiefen Schatten, sondern in einer kleinen Abebenung des Berghanges, gegen Westen, unter ei-

ner sehr mäfsigen Beschattung. Das Eis lag, nach Augenzeugen, im Juli so stark, dafs es vom jenseitigen Ufer deutlich erkannt wurde, war über ½ Schuh stark, und wich weder dem Regen noch dem Sonnenschein. In Mitte Augusts fanden wir zwar kein Eis auf der Oberfläche; allein wir durften nur von dem lockern Steingerölle etwas abräumen, so zeigte sich reichlich das schönste Eis, und 1 Fufs tiefer waren die Steine so fest auf einander gefroren, wie im tiefsten Winter. An andern Stellen lag Eis gleich unter dem Moose, und dieses selbst war an die Steine angefroren. Der ganze Umkreis war empfindlich kalt, was besonders an den Füfsen fühlbar wurde. Einige der Gefährten, die anhaltend in den Steinen gewühlt hatten, mufsten ihre Arbeit einstellen, weil die Hände vor Frost erstarrt waren.

Nach den Erzählungen der Landleute, die in jener Gegend zu thun haben, soll während des Winters dort kein Eis und kein Schnee seyn, vielmehr soll diese Stelle bei der gröfsten Kälte offen bleiben; hingegen vom Juni an soll sich das Eis bilden, und bis in den August dauern. Im gegenwärtigen Jahre soll die Eisbildung besonders reichlich gewesen seyn, und öfters haben Leute aus der Umgegend grofse massive Eisstücke, bei einer Wärme von 22° mit nach Hause gebracht.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
REFERENCE DEPARTMENT

This book is under no circumstances to be taken from the Building

Form 410